

**ÁCIDO PERACÉTICO COMO ALTERNATIVA DE DESINFECCIÓN EN EL
PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**Angie Burgos Moreno
Daniela Toro García**

**Universidad de la costa, CUC
Facultad de ingeniería civil y ambiental
Ingeniería ambiental
Barranquilla Colombia
2018**

**ÁCIDO PERACÉTICO COMO ALTERNATIVA DE DESINFECCIÓN EN EL
PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**Angie Burgos Moreno
Daniela Toro García**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero ambiental

Directores del trabajo:
Mg. Claudia Herrera Herrera.
Mg. Rubén Cantero Rodelo.

Universidad de la costa, CUC
Facultad de ingeniería civil y ambiental
Ingeniería ambiental
Barranquilla Colombia
2018

Dedicatoria

A Dios por brindarnos la oportunidad de cumplir nuestros sueños, por darnos la fuerza necesaria para salir adelante y no desfallecer en el camino.

Para mis padres Alfonso e Indhyra por entregarme su apoyo, consejos, comprensión, amor en los momentos difíciles y brindarme los recursos necesarios para estudiar la carrera de mis sueños. Me han dado todo lo que soy como personas, mis valores, principios y perseverancia para conseguir mis objetivos, me han demostrado que, si se puede cumplir lo que se propone, gracias por luchar incansablemente por sacarnos adelante. A mis hermanos que me dedicaron todo su tiempo, apoyo y moral para seguir, este es uno de los mayores ejemplos que les puedo dar. Los amo.

A mi compañera Daniela por sus buenos consejos, por su paciencia y palabras enriquecedoras para mi vida, sin ti no fuera sido posible.

Al amor de mi vida, mi bendición, gracias por tu apoyo incondicional, por hacerme soñar siempre y demostrarme de que somos capaces de todo lo que nos proponemos juntos, espero que estés tan orgulloso como yo lo estoy de ti.

Angie

Dedicado a mis padres Luis Enrique y Teresa, mis ídolos, mi modelo de tenacidad, fortaleza y autosuperación, gracias por su apoyo y amor en todos los ámbitos posibles de mi vida, a ustedes les debo todo. A mis hermanos Nataly y Juan Pablo, mis confidentes, este logro también es de ustedes. A mis familiares, por todo su apoyo e interés en mi carrera universitaria. A Angie, mi compañera y amiga, de ti aprendí la tolerancia, ¡lo hemos logrado!

Daniela

Gracias de corazón a nuestros tutores. Mg Claudia Herrera y Mg Rubén Cantero, por su infinita paciencia, motivación y enseñanzas. Para nosotros ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda durante nuestra carrera universitaria y especialmente en nuestro trabajo de grado, personas como ustedes nos hacen mejores seres humanos.

Gracias a la universidad de la costa, CUC, por su atención y recursos durante nuestra vida universitaria.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra manera han sido claves en nuestra vida para llegar a ser profesionales.

Resumen

La finalidad del presente trabajo fue evaluar la calidad del ácido Peracético (APA) como agente desinfectante en el proceso de potabilización de agua para consumo humano. Para ello se analizaron 4 muestras de agua, tomadas del mismo punto en el río Magdalena, durante diferentes días. Cada muestra fue sometida al proceso empleado para la potabilización de agua, caracterización del agua cruda, mezcla rápida (coagulación), mezcla lenta (floculación), sedimentación, desinfección y caracterización fisicoquímica y microbiológica. A cada muestra de agua se le realizaron dos pruebas con 12 jarras cada una de estas, una muestra con hipoclorito de sodio y otra con APA como desinfectante, para comparar las características obtenidas en el proceso de potabilización. Los resultados obtenidos muestran que, al utilizar APA como agente desinfectante en el proceso de potabilización, los parámetros físico químicos obtenidos en comparación con los del hipoclorito de sodio se mantienen en rangos similares, no se presenta una variación significativa en cuanto a pH, color, turbidez, temperatura, dureza y alcalinidad. En cuanto a los resultados microbiológicos no se halla presencia patógena en las muestras analizadas.

Pudiendo concluir que el APA es una buena alternativa como agente desinfectante en potabilización de agua. Por último, cada uno de los parámetros analizados fue comparado con la legislación colombiana para agua potable, y el APA cumplió con los estándares establecidos en cada uno de los artículos correspondientes.

Palabras clave: ácido Peracético (APA), desinfectante, potabilización de agua para consumo humano, hipoclorito de sodio.

Abstract

The purpose of the present work was to evaluate the quality of Peracetic acid (APA) as a disinfectant agent in the process of purification of water for human consumption. For this, 4 water samples, taken from the same point in the Magdalena river, were analyzed during different days. Each sample was submitted to the process used to purify water, characterize raw water, rapid mixing (coagulation), slow mixing (flocculation), sedimentation, disinfection and physicochemical and microbiological characterization. Each water sample was subjected to two tests with 12 jars each, a sample with sodium hypochlorite and another with APA as a disinfectant, to compare the characteristics obtained in the purification process. The results obtained show that when using APA as a disinfecting agent in the purification process, the physical chemical parameters obtained in comparison with those of sodium hypochlorite are maintained in similar ranges, there is no significant variation in terms of pH, color, turbidity. Temperature, hardness and alkalinity. Regarding the microbiological results, no pathogenic presence was found in the samples analyzed. Being able to conclude that the APA is a good alternative as a disinfectant agent in water purification. Finally, each of the parameters analyzed was compared with the Colombian legislation for drinking water, and the APA met the standards established in each of the corresponding articles.

Keywords: (APA) Peracetic acid, disinfectant, drinking water for human consumption, sodium hypochlorite.

Contenido

1	Lista de tablas y figuras.....	9
2	Introducción	12
3	Objetivos	15
3.1	Objetivo General.....	15
3.2	Objetivos Específicos.....	15
4	Justificación	16
5	Planteamiento del problema	18
6	Marco teorico	20
6.1	Antecedentes.....	20
6.2	Marco conceptual	23
6.3	Marco legal	28
6.3.2	Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano	31
6.3.3	Calidad del agua según el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras 2000.....	33
7	Metodología	36
7.1	Tipo de investigación	36
7.2	Toma de muestras.....	37

7.3	Prueba de jarras	38
7.3.1	Preparación dosis óptima coagulante.....	40
7.3.2	Procedimiento aplicación del coagulante.....	41
7.3.3	Cálculos cantidad de hipoclorito y apa aplicados en cada jarra.....	42
8	Resultados.....	44
8.1	Prueba de jarras muestra 1	44
8.2	Prueba de jarras muestra	45
8.3	Prueba de jarras muestra 3	47
8.4	Prueba de jarras muestra 4	48
9	Análisis de resultados y discusión.....	51
9.1	Resultados microbiológicos.....	51
9.2	Resultados para el pH	53
9.3	Resultados para la temperatura.....	56
9.4	Resultados para la alcalinidad.....	58
9.5	Resultados para el color aparente	60
9.6	Resultados para dureza.....	62
9.7	Resultados para turbiedad.....	65
10	Conclusiones	68
11	Referencia	69

12 Anexos 71

1 Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1 características físicas del agua para consumo humano	28
Tabla 2 Compuestos químicos que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	29
Tabla 3 características microbiológicas del agua para consumo humano	30
Tabla 4 puntaje de riesgo para irca.....	31
Tabla 5 clasificación del nivel de riesgo	33
Tabla 6 Dosis aplicada de cloro en cada jarra	43
Tabla 7 Dosis aplicada de APA en cada jarra	43
Tabla 8 caracterización agua cruda (muestra 1).....	44
Tabla 9 Resultados Prueba de jarras con hipoclorito de sodio (Muestra 1)	44
Tabla 10 Resultados Prueba de jarras con APA (Muestra 1)	45
Tabla 11 caracterización agua cruda muestra 2	45
Tabla 12 Resultados Prueba de jarras con hipoclorito de sodio muestra 2	46
Tabla 13 Resultados prueba de jarras APA muestra 2	46
Tabla 14 caracterización de muestra de agua muestra 3	47
Tabla 15 Resultados Prueba de jarras con hipoclorito de sodio muestra 3	47
Tabla 16 Resultados prueba de jarras APA muestra 3	48
Tabla 17 Caracterización de muestra de agua para dosis óptima.....	49
Tabla 18 Prueba De jarras con la dosis optima de hipoclorito de sodio.	49
Tabla 19 Prueba de jarras con la dosis optima de APA.	50
Tabla 20 Resultados Coliformes Fecales APA	51

Tabla 21 Resultados Coliformes Fecales NAClO.....	52
Tabla 22 Resultados Coliformes Totales APA	52
Tabla 23 Resultados Coliformes Totales NaClO	53

Figuras

Figura 1 Formula estructural del ácido peracético.....	27
Figura 2 formas y tipos de investigación.....	36
Figura 3. Punto de muestreo	37
Figura 4. Muestras de agua cruda para caracterizar.	39
Figura 5. Equipo de floculación 1.	39
Figura 6. Equipo de floculación 2.....	40
Figura 7. Dosis de sulfato de aluminio para cada jarra.....	40
Figura 8. Floculación equipo 1.....	41
Figura 9 Floculación equipo 2.....	41
Figura 10. Sedimentación.	42
Figura 11 pH NaClO vs APA (Muestra #1)	54
Figura 12 pH NaClO vs APA (Muestra #2)	54
Figura 13 pH NaClO vs APA (Muestra #3)	55
Figura 14 pH NaClO vs APA (Dosis optima)	55
Figura 15 temperatura NaClO vs APA (Muestra #1)	56
Figura 16 temperatura NaClO vs APA (Muestra #2)	57
Figura 17 temperatura NaClO vs APA (Muestra #3)	57
Figura 18 Temperatura NaClO vs APA (Dosis optima)	58

Figura 19 Alcalinidad NaClO vs APA (Muestra #1)	59
Figura 20 Alcalinidad NaClO vs APA (Muestra #2)	59
Figura 21 Alcalinidad NaClO vs APA (Muestra #3)	60
Figura 22 Alcalinidad NaClO vs APA (Dosis optima)	60
Figura 23 Color Aparente NaClO vs APA (Muestra #1)	61
Figura 24 Color Aparente NaClO vs APA (Muestra #2)	61
Figura 25 Color Aparente NaClO vs APA (Muestra #3)	62
Figura 26 Color Aparente NaClO vs APA (Dosis optima)	62
Figura 27 Dureza NaClO vs APA (Muestra #1)	63
Figura 28 Dureza NaClO vs APA (Muestra #2)	64
Figura 29 Dureza NaClO vs APA (Muestra #3)	64
Figura 30 Dureza NaClO vs APA (Dosis optima)	65
Figura 31 Turbiedad NaClO vs APA (Muestra #1)	66
Figura 32 Turbiedad NaClO vs APA (Muestra #2)	66
Figura 33 Turbiedad NaClO vs APA (Muestra #3)	67
Figura 34 Turbiedad NaClO vs APA (Dosis optima)	67

2 Introducción

A raíz de los altos niveles de contaminación mundial y de las crisis generadas en numerosos países, las industrias se vieron obligados a reconsiderar y a cambiar sus prácticas poco saludables, por unas más sanas y conscientes con el planeta, surgiendo así la necesidad de encontrar técnicas, métodos y mecanismos amigables con el medio ambiente (isan, 2013). La química verde, desde la agencia de protección al medio ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), viene haciendo aportes desde hace más de 25 años con relación a “productos verdes o más limpios” (epa, 2015) siendo este el marco general para este proyecto.

Es sabido por todos, la necesidad de potabilizar el agua antes de su consumo. Como parte de esta potabilización, o como última etapa de su depuración, se incluye normalmente un sistema de desinfección. Desde hace muchos años el cloro gaseoso (Cl_2), el hipoclorito sódico (NaClO) y el dióxido de cloro (ClO_2) son las principales sustancias que usan para la desinfección. Se dice que es el único método que garantiza que el agua potable llegue hasta los grifos de las casas en perfectas condiciones, pero éste solo se ha comparado con el uso de técnicas, como desinfección con ozono o con radiación ultravioleta, que, aunque son también eficaces, tienen el inconveniente de no tener efecto residual (chlor, 2012).

El cloro se descubre en el 1774 por el químico sueco Karl Wilhelm Scheele como producto de la reacción entre ácido clorhídrico y dióxido de manganeso. El cloro es una sustancia tan energética y activa que solo existe en la naturaleza en combinación con otros elementos. El carácter tóxico de cloro y algunos de sus compuestos se atribuye en gran parte a su capacidad oxidante. El cloro y los compuestos que contienen cloro son oxidantes muy potentes y se pueden disipar en reacciones con

una variedad de materiales orgánicos e inorgánicos en el agua antes de que se obtenga suficiente desinfección. Las aguas que llegan a una planta de tratamiento de agua contienen agentes reductores (compuestos orgánicos e inorgánicos como nitritos, iones de hierro, plomo y sulfuros), así como microorganismos y bacterias. El cloro se aplica de manera que pueda satisfacer la demanda para oxidar estos compuestos y eliminar estas bacterias, y que así, reste una cantidad de cloro residual en los conductos de agua.

Este cloro residual es el cloro libre que queda en el agua después que ha sido desinfectada en la planta. Su utilidad es de continuar desinfectando el agua desde que sale de la planta de tratamiento hasta que llegue al consumidor; estudios a nivel mundial indican que el cloro residual reacciona con sustancias orgánicas presentes en el agua tratada produciendo sustancias conocidas como “subproductos de desinfección o trihalometanos” las cuales son mutagénicas y cancerígenas (Zafra, 2008).

Estudios a nivel mundial indican que el cloro residual reacciona con sustancias orgánicas presentes en el agua tratada produciendo sustancias conocidas como “*subproductos de desinfección y trihalometanos*” las cuales son mutagénicas y cancerígenas (zafra, 2008), por otro lado, si no existiera la desinfección del agua muchas personas morirían a causa de enfermedades infecciosas como el cólera, la fiebre tifoidea, disentería y gastroenteritis, entre otras (national academy of sciences, 2007).

Se ha comprobado que el ácido peracético (APA) es un buen desinfectante, que ya ha sido utilizado en la industria farmacéutica, en la desinfección de aguas residuales y más recientemente en el sector salud para desinfección de ambientes estériles (A. Vera, 2008) Con esta investigación se propone

otra alternativa de uso del APA en el proceso de desinfección de agua potable como sustituto del hipoclorito y sus derivados, esperando que sea un aporte para la sociedad.

El ácido peracético (APA) es una mezcla de ácido acético y peróxido de hidrógeno en solución acuosa; es un líquido transparente sin capacidad espumante y con un fuerte olor característico a ácido acético, soluble en agua, alcohol, éter y ácido sulfúrico. El APA ha venido siendo usado en Europa y Canadá por más de 30 años para desinfectar agua residual y aguas lluvias, y desde hace poco menos de una década, viene siendo acogido y estudiado por la EPA como una alternativa “más verde” que podría reemplazar el cloro y sus derivados en desinfección (Martin, 2014). Sin embargo, el APA ha tenido muy pocos estudios en Latinoamérica y sobre todo en Colombia, en nuestro país el producto es utilizado con desinfectante en lugares como quirófanos, hospitales, centros de belleza, etc.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar el ácido Peracético (APA) como alternativa de desinfección en comparación con el hipoclorito de sodio en procesos de potabilización.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la dosis óptima del APA como agente bactericida para potabilización de agua en el marco de la legislación colombiana.
 - Evaluar el impacto de la dosis óptima del APA sobre los parámetros fisicoquímicos exigidos por la resolución 2115 de 2007 (pH, temperatura, alcalinidad, color, dureza, turbiedad) y microbiológicos (filtración por membrana).
 - Comparar los resultados de la desinfección con el APA frente al hipoclorito de sodio.
-

4 Justificación

El agua potable, siendo este de gran importancia para la vida, debe cumplir ciertos parámetros para que pueda ser consumida por el hombre, por lo que no debe tener ningún tipo de organismo que pueda afectar causando enfermedades con efectos fisiológicos adversos y de minerales y sustancias orgánicas que produzcan.

Desde hace muchos años atrás se ve la práctica de tratar el agua, ya sea hirviéndola, sedimentándola o tratándola con sales. Estas pruebas sólo apuntan a los objetivos de mejorar su apariencia y sabor. Como los seres humanos conocían muy poco sobre enfermedades, no fue hasta finales del siglo XIX que se le dio importancia a la necesidad de no sólo tener agua libre de color y sabores extraños, sino también de estar libre de organismos que causen enfermedades (N. Ocasio, 2009).

El uso del APA como alternativa de desinfección en el proceso de potabilización, surge a partir de la idea de desarrollar nuevas metodologías que viabilicen la posibilidad de tener agua potable para consumo humano, con productos más amigables con el medio ambiente y nuestra salud, como muchos estudios nos lo demuestran los residuos cancerígenos y peligrosos que nos proporciona el hipoclorito, el APA es un producto verde es decir que no nos afecta ni nuestra salud ni el medio ambiente.

En el estudio titulado “mutagenicity and disinfection by-products in surface drinking water disinfected with peracetic acid” realizado por el department of experimental and applied medicine, university of brescia, italy, se estudia la influencia del hipoclorito de sodio, ácido sulfúrico y ácido peracético en la formación de mutágenos en las aguas superficiales utilizadas para el consumo humano y su posible aplicación para la desinfección del agua potable. Los subproductos producidos

por APA fueron principalmente ácidos carboxílicos, que no se reconocen como mutagénicos, mientras que las aguas tratadas con los otros desinfectantes mostraron la presencia de sustancias mutagénicas / carcinógenas halogenadas (Monarca S, 2002).

En la investigación titulada “desinfección de agua con ácido peracético: una alternativa económica y ecológica” realizada por (flores, et al 2010) se estudió el efecto cinético de la acción desinfectante del ácido peracético sobre indicadores de contaminación fecal (*escherichia coli*) y posteriormente sobre microorganismos medioambientales y patógenos oportunistas. El estudio demostró que la eficiencia de la desinfección con ácido peracético sobre *e. Coli* mostró reducciones logarítmicas de 1 a 4, dependiendo de la concentración inicial de APA y el tiempo de contacto, la desinfección utilizando el ácido peracético como agente desinfectante resultó eficiente para la inactivación de *e. Coli*, asegurándose incluso una inactivación superior al 99,99% a los 5 minutos con 6 ppm de ácido peracético comercial. Esto hace que este método sea considerado como promisorio para futuros estudios de procesos de inactivación de microorganismos patógenos en agua (flores, et al 2010).

5 Planteamiento del problema

En la actualidad, la calidad del agua para consumo humano en nuestro país, según resultados del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (en adelante IRCA), continúa calificando en el nivel de riesgo bajo para la salud humana y muestra un valor consolidado promedio de 13,37% en el país. (Social, 2015).

En las capitales departamentales y la mayoría de las ciudades intermedias (en un total de 470 municipios) en el año 2015, se consumió agua para consumo humano sin riesgo o con riesgo bajo, mientras que en la mayoría de los municipios menores y zonas rurales del país se encontraron ircas con niveles de riesgo que van desde medio hasta inviable sanitariamente (Social, 2015).

La situación más preocupante por la calidad del agua para consumo humano medida en los términos del irca se sigue dando en los municipios pequeños, centros poblados con menos de 2.500 habitantes y en las zonas rurales de vivienda dispersa debido a la gran cantidad de sistemas de suministro de agua sin tratamiento para su potabilización (Social, 2015).

Cuando se trata de sistemas de potabilización de agua, se suele utilizar o sugerir el cloro (en sus diferentes presentaciones) como la mejor alternativa para lograr una desinfección adecuada y duradera, por así decirlo, pero se ha establecido que el cloro tiene sus limitaciones o posibles efectos colaterales si es mal utilizado.

El desarrollo sostenible está presente en todas las áreas, en la química hace su presencia desde los principios de la química verde, que promueve entre otras acciones, la búsqueda de nuevos productos que reemplacen a los que actualmente se utilizan pero con un menor impacto ambiental, en ese

orden de ideas, el principal interrogante que plantea resolver esta investigación sería ¿Es el APA un buen sustituto del cloro en la desinfección de agua para consumo humano?.

6 Marco teorico

6.1 Antecedentes

El ácido Peracético es una mezcla de ácido acético y peróxido de hidrógeno en solución acuosa. Se obtiene por oxidación a partir de acetaldehído y oxígeno en presencia de acetato de cobalto.

También puede obtenerse tratando anhídrido acético con peróxido de hidrógeno (en presencia de ácido sulfúrico). Es un líquido transparente sin capacidad espumante y con un fuerte olor característico a ácido acético. Es un agente oxidante fuerte y explota violentamente si se agita a 110°C. Soluble en agua, alcohol, éter y ácido sulfúrico. Estable en soluciones diluidas acuosas (Cuba, 2009).

El ácido Peracético, es una solución de equilibrio cuaternaria (ácido acético, ácido peracético, peróxido de hidrógeno y agua). Su uso como agente oxidante para el proceso de desinfección en agua surge debido a su marcado poder oxidante y su amplio espectro biocida aun en presencia de materia orgánica, cuya eficacia ha sido comprobada ante bacterias, hongos y esporas (falsanisi, 2008). El mecanismo de acción de la actividad desinfectante del ácido Peracético radica en su capacidad oxidante sobre la membrana externa de las bacterias, endosporas y levaduras; consiste en la transferencia de electrones de la forma oxidada del ácido a los microorganismos, provocando así su inactivación o incluso su muerte (Cuba, 2009).

A diferencia del cloro y sus derivados, los residuos de APA son principalmente ácidos carboxílicos (Monarca S, 2002), que no se reconocen como mutagénicas y/o tóxicos, por lo que se lo ha definido como “amigable al ambiente” (Flores, Nieres, Cassano, & Labas, 2010). Su acción desinfectante no se ve afectada por los sólidos suspendidos, presenta una muy baja dependencia del pH, tiempos de

contacto cortos y efectividad en tratamiento de efluentes primarios y secundarios (Flores, Nieres, Cassano, & Labas, 2010).

La investigación “organosolv pretreatment of lignocellulosic biomass for enzymatic hydrolysis” se centro en el efecto de varios factores en el pretratamiento con ácido peracético del bagazo de caña de azúcar. Como resultado encontraron que la carga de APA, relación líquido/sólido (l/s), temperatura, tiempo, interacciones entre la carga de APA y la relación l/s, temperatura y tiempo, tuvieron un efecto muy significativo sobre la relación de conversión enzimática de celulosa en comparación con los pretratamientos con H_2SO_4 y NaOH en las mismas condiciones suaves, el pretratamiento con APA fue el más eficaz para potenciar la digestibilidad enzimática (Xue-bing Zhao, 2007).

En la investigación “chemical aspects of peracetic acid based wastewater disinfection” investigan la desinfección basada en APA estudiando microorganismos indicadores (e. Coli, coliformes totales y virus colifagos), así como parámetros químicos pH, potencial de oxidación-reducción, demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO) y APA residual. El objetivo principal de esta investigación fue estudiar cómo cambian estos parámetros químicos seleccionados durante el tratamiento con APA. Con base en los resultados. La desinfección fue eficiente a valores de concentraciones de 15 a 30 ($\text{mg}\cdot\text{min}/\text{l}$), lo que equivale a una dosis de APA de 1,5 a 2 mg/l y un tiempo de contacto de 10 a 15 min. En este área de concentración, los cambios en el pH, la dqo y la dbo fueron insignificantes (Martin, 2014)

Desde el año 2002 la epa ha venido realizando investigaciones sobre las posibles aplicaciones del APA, mas recientemente en el año 2012 estudiaron la aplicabilidad del APA en el proceso de desinfección de agua residual, para mejorar la calidad del agua de las poblaciones aguas debajo de vertimientos puntuales, como resultado obtuvieron que el APA es un desinfectante de acción rápida, las cuentas iniciales de coliformes fecales fueron reducidos 10 veces durante los primeros 8-10 minutos, estimado tiempo de residencia después del contacto con el producto. Después de evaluar varias tecnologías de desinfección, como hipoclorito de sodio y bisulfito de sodio, la ciudad Frankfort, Kentucky usa salió a hacer una oferta para una tecnología de desinfección y APA fue elegido. Este fue el primer uso comercial de APA para la desinfección de aguas residuales en los estados unidos. Los costos de los tratamientos con APA eran competitivos a desinfección con hipoclorito de sodio y bisulfito de sodio (EPA, 2012)

En colombia la investigacion “*evaluación de ácido peracético e hipoclorito de sodio sobre cepas de salmonella spp, inoculadas en agua de chiller*” evaluó la efectividad como desinfectante del hipoclorito de sodio y del ácido peracético sobre cepas de *s. Enteritidis* y *s. Typhimurium* inoculadas en aguas de enfriamiento de industrias avícolas, empleando como medio de contacto agua de enfriamiento de industrias avícolas esterilizada y previamente caracterizada, así mismo, se cuantificó el cloro libre residual empleando el método yodométrico. La adición de ácido peracético al agua inactivó máximo $0,92 \pm 0,07$ unidades logarítmicas (14,7%) y la adición de hipoclorito de sodio a 20 mg/l inactivó máximo $0,25 \pm 0,1$ unidades logarítmicas (3,7%) de salmonella (Barragan, 2012).

6.2 Marco conceptual

Según la resolución 2115 de 2007 y el decreto 1775 de 2007, expedidos en Colombia, se tienen las siguientes definiciones contempladas:

- **Análisis físico y químico del agua.** Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.
 - **Característica.** Término usado para identificar elementos, compuestos, sustancias y microorganismos presentes en el agua para consumo humano.
 - **Cloro residual libre.** Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito.
 - **Coliformes.** Bacterias gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.
 - **Color aparente.** Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras.
 - **Dosis letal media.** - dl50: estimación estadística de la dosis mínima necesaria para matar el 50% de una población de animales de laboratorio bajo condiciones controladas. Se expresa en miligramos de tóxico por kilogramo de peso del animal.
-

- ***Escherichia-coli* – *e. coli*.** Bacilo aerobio Gram negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β galactosidasa y β glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.
- **Valor aceptable.** Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud.
- **Tiempo de contacto para el desinfectante:** es el tiempo requerido desde la aplicación del desinfectante al agua hasta la formación como producto del residual del desinfectante, de forma que esa concentración permita la inactivación o destrucción de los microorganismos presentes en el agua.
- **Tratamiento o potabilización:** es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano.
- **Prueba de jarras.** Estas pruebas consisten en simular en vasos de precipitado o jarras, el proceso de coagulación floculación que se producirá en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento. (ras, 2000)
- **pH:** el pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia.

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en

agua. El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7 (Lenntech, 2016).

- **Temperatura** es una magnitud física que expresa el grado o nivel de calor o frío de los cuerpos o del ambiente. En el sistema internacional de unidades, la unidad de temperatura es el kelvin. A continuación, de forma generalizada, hablaremos de otras unidades de medida para la temperatura (Lenntech, 2016).
 - **Alcalinidad.** Capacidad para neutralizar ácidos y es la suma de todas las bases titularles. Por lo general se debe fundamentalmente a su contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, aunque otras sales o bases también contribuyen a la alcalinidad. Su valor puede variar significativamente con el pH del punto final. (Lenntech, 2016)
 - **Color.** El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos naturales, humus y materia orgánica disuelta. La expresión color se debe considerar que define el concepto de “color verdadero”, esto es, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad. El término “color Aparente” engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrarla o centrifugarla (eumed, 2016).
 - **Dureza.** Se define la dureza total del agua como la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio expresado como carbonato de calcio en mg/l (eumed, 2016).
-

- **Turbiedad.** Se debe a la presencia de material suspendido y coloidal como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que se transmitan sin alteración a través de una muestra (eumed, 2016).
- **Ácido peracético.** El ácido peracético es una mezcla de ácido acético y peróxido de hidrógeno en solución acuosa. Se obtiene por oxidación a partir de acetaldehído y oxígeno en presencia de acetato de cobalto. También puede obtenerse tratando anhídrido acético con peróxido de hidrógeno (en presencia de ácido sulfúrico).

Es un líquido transparente sin capacidad espumante y con un fuerte olor característico a ácido Acético. Es un agente oxidante fuerte y explota violentamente si se agita a 110°C. Soluble en agua, alcohol, éter y ácido sulfúrico. Estable en soluciones diluidas acuosas. (Cuba, 2009). Su forma molecular es: C₂H₄O₃.

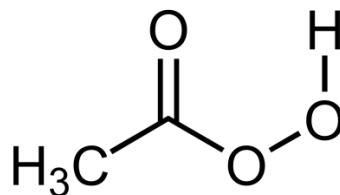


Figura 1. Formula estructural del ácido peracético. Fuente propia: Angie Burgos.

- **Número más probable (nmp) de Coliformes y Coliformes fecales.** Es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible. La técnica se basa en la determinación de presencia o ausencia (positivo o negativo) en réplicas de diluciones consecutivas de

atributos particulares de microorganismos presentes en muestras de suelo u otros ambientes (Massol-Deyá., 2002).

- **Hipoclorito de sodio.** Compuesto oxidante de rápida acción utilizado a gran escala para la desinfección de superficies, desinfección de ropa hospitalaria y desechos, descontaminar salpicaduras de sangre, desinfección de equipos y mesas de trabajo resistentes a la oxidación, eliminación de olores y desinfección del agua. Es un compuesto químico, fuertemente oxidante, su fórmula es NaClO (Lenntech, 2016).
- **Trihalometanos.** Trihalometanos (thms) se encuentran en el agua potable como resultado de la interacción del cloro con materia orgánica natural que se encuentra en el agua.

Estos estarán presentes mientras el agua contenga cloro o hipoclorito, además de los precursores orgánicos. Es por esto que hay que mantener la cantidad de cloro residual dentro de unos límites. Durante la cloración, se produce una serie de subproductos debido a la reacción del cloro con la materia orgánica presente (demanda de cloro) (Zafra, 2008).

- **Desinfección.** Es el proceso en el cual se eliminan los agentes patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas de vida microbianas. Es un término relativo, donde existen diversos niveles de desinfección, desde una esterilización química, a una mínima reducción del número de microorganismos contaminantes (Cuba, 2009).
 - **Biocida.** Los productos biocidas son aquellos destinados a destruir, neutralizar, impedir la acción o ejercer control de otro tipo sobre cualquier microorganismo dañino por medios químicos o biológicos. Algunos ejemplos son los desinfectantes, conservantes, pesticidas, herbicidas, fungicidas e insecticidas (committees, 2014).
-

6.3 Marco legal

Esta investigación se encuentra sujeta a la resolución 2115 de 2007 y reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000.

Resolución 2115 de 2007 características físicas y químicas del agua para consumo humano (Ministro de Ambiente, 2007).

Los siguientes son los aspectos que se deben tener en cuenta en cuanto a potabilización del agua:

Artículo 2°. Características físicas. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación.

Tabla 1

Características físicas del agua para consumo humano.

Características	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de platino cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o No aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: (Ministerio de la protección Social, 22 junio 2007)

Artículo 3°. Conductividad. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 micro siemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

Artículo 4°. Potencial de hidrógeno. El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

Artículo 5°. Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Tabla 2

Compuestos químicos que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos diferentes a los plaguicidas y a otras sustancias.	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN-	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos totales	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Fuente: (Ministerio de la protección Social, 22 junio 2007)

6.3.1.1 Compuestos microbiológicos

Artículo 10. Técnicas para realizar análisis microbiológicos. Las técnicas aceptadas para realizar los análisis microbiológicos del agua para consumo humano son las siguientes:

Para *Escherichia coli* y Coliformes totales: filtración por membrana, sustrato definido, enzima sustrato y presencia-ausencia. Se podrán adoptar otras técnicas y metodologías debidamente validadas por el instituto nacional de salud o este realizará una revalidación con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes.

Para *Giardia* y *Cryptosporidium*: las técnicas y metodologías de análisis para estos microorganismos deben ser validadas por el instituto nacional de salud o revalidadas por este con base en documentos soporte de organismos internacionales que presenten los solicitantes.

Artículo 11. Características microbiológicas. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 unidad formadora de colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra:

Tabla 2

Características microbiológicas del agua para consumo humano

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: (Ministerio de la protección Social, 22 junio 2007)

6.3.2 Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano

Artículo 13. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA. Para el cálculo del irca al que se refiere el artículo 12 del decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en el cuadro N.º 6 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente resolución:

Tabla 3

Puntaje de riesgo para irca

Características	Puntaje de riesgo
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Calcio	1
Fosfato	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza total	1
Sulfatos	1
Hierro total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (AL3+)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes totales	15
Escherichia coli	25
Sumatoria	100

Fuente: (Ministerio de la protección Social, 22 junio 2007)

El valor del irca es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la presente resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

Parágrafo. Si los resultados de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos, contemplados en los artículos 5° y 8° de la presente resolución, exceden los valores máximos aceptables, al valor del irca se le asignará el puntaje máximo de 100 puntos independientemente de los otros resultados. Igualmente, se le asignará el valor de 100 puntos si hay presencia de *giardia* y *cryptosporidium*, teniendo en cuenta los plazos estipulados en el artículo 34 de esta resolución.

Artículo 14. Cálculo del irca. El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, irca.

Artículo 15. Clasificación del nivel de riesgo. Teniendo en cuenta los resultados del irca mensual, se define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano por la persona prestadora y se señalan las acciones que debe realizar la autoridad sanitaria competente:

Tabla 6

Clasificación del nivel de riesgo

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra (Notificación que adelantara)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 – 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador.	Agua no apta para el consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia.
35.1 – 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador.	Agua no apta para el consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador.	Agua no apta para el consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia.
5.1 – 14	BAJO	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador.	Agua no apta para el consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia.
0 – 5	SIN RIESGO	Informar a la persona prestadora, al COVE, alcalde, gobernador.	Agua apta para consumo humano. Continuar vigilancia.

Fuente: (Ministerio de la protección Social, 22 junio 2007)

6.3.3 Calidad del agua según el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras 2000

El agua para consumo humano no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud. Por tanto, el agua para consumo debe cumplir los requisitos de calidad microbiológicos y fisicoquímicos exigidos en el decreto 1575, expedido por el ministerio de salud o en su defecto, el que lo reemplace. La calidad del agua no debe deteriorarse ni caer por debajo de

los límites establecidos durante el periodo de tiempo para el cual se diseñó el sistema de abastecimiento. (Ministro de Ambiente, 2007)

Es responsabilidad de la entidad prestadora del servicio público de acueducto, controlar la calidad de agua en la red de distribución ya sea en puntos previamente escogidos como, por ejemplo, hidrantes o pilas diseñadas para recoger muestras, o en acometidas escogidas aleatoriamente. En dicho sitio debe darse cumplimiento como mínimo a los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos establecidos en el en el decreto 1575.

El control de la calidad del agua es responsabilidad de las empresas de servicios públicos de acueducto y la vigilancia de la misma está a cargo del ministerio de salud a través de las autoridades de salud de los departamentos, distritos o municipios.

6.3.3.1 Clasificación de los procesos de desinfección

Es obligatorio en todos los niveles de confiabilidad, desinfectar el agua sin importar el tipo de tratamiento previo que se haya realizado para su potabilización. Entre los procesos de desinfección que pueden realizarse está la cloración, ozonización, desinfección con dióxido de cloro y con rayos ultravioleta como los más conocidos y permitidos por el ministerio de salud. En caso de emplear otro producto químico distinto a los aquí mencionados para la desinfección, debe pedirse autorización al ministerio de salud para su aplicación, además, se debe probar su eficiencia, ya sea por resultados obtenidos a nivel internacional o nacional, por investigaciones, trabajos a nivel laboratorio y/o planta piloto donde se demuestre su efectividad.

A) Desinfección por cloración:

La cloración puede ser empleada en los siguientes casos:

- Desinfección de las aguas.
-

- Control de olores y sabores
- Prevención del crecimiento de algas y microorganismos.

B) Desinfección por ozonización:

Se recomienda el uso del ozono (O_3) en los siguientes casos:

- Para mejorar la calidad organoléptica (color, sabor, etc.).
- Por su acción bactericida y virulencia.
- Para la oxidación de la materia orgánica.
- Para la oxidación de micro-contaminantes.
- Para el mejoramiento de la biodegradabilidad antes de un proceso de adsorción sobre el Carbón activado granulado (cag).
- No puede emplearse el ozono en aguas que contienen hierro o amoníaco.

C) Desinfección por dióxido de cloro:

Se recomienda su empleo para controlar el sabor y el olor y para destruir sustancias orgánicas.

D) Desinfección por rayos ultravioleta:

Se recomienda este tipo de desinfección cuando el contenido de materia orgánica y la turbiedad del agua son muy bajas.

7 Metodología

7.1 Tipo de investigación

Tradicionalmente, y de acuerdo con los propósitos inmediatos que persigue el autor de la investigación, esta se ha dividido en dos formas y tres tipos, de los cuales se desprenden o pueden incluirse los diferentes estudios de investigación.

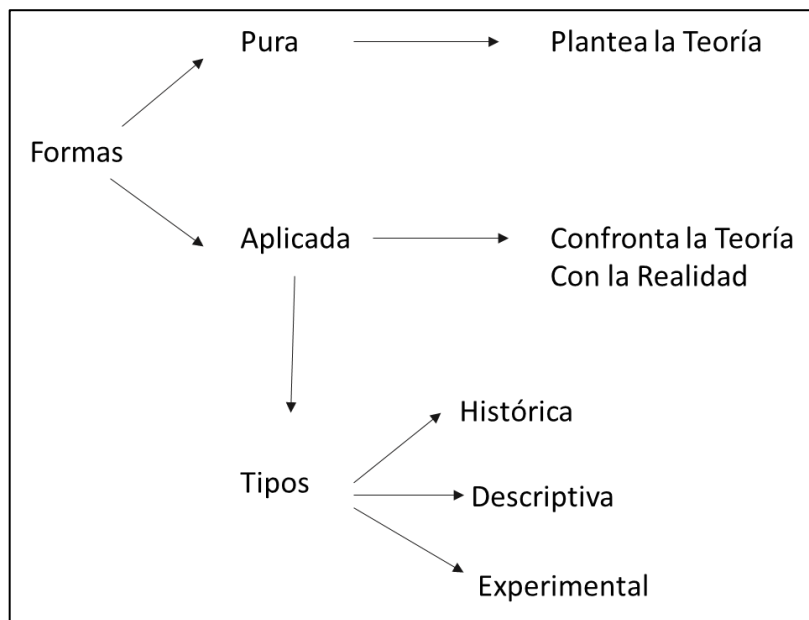


Figura 2 formas y tipos de investigación Fuente: Tamayo, 2014.

Nuestra investigación es de forma aplicada y de tipo experimental, esta se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de que modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular (Tamayo, 2004).

7.2 Toma de muestras

Las muestras fueron tomadas del rio Magdalena en el sector conocido como las flores, los muestreos se realizaron el 21 de julio de 2016, 08 de septiembre de 2016 y 1 de octubre de 2016.

Las muestras de agua fueron tomadas aproximadamente a 60 metros de la orilla a una profundidad de 25 a 30 centímetros por debajo de la lámina superficial de agua. Posteriormente se preservaron bajo refrigeración hasta ser llevados al laboratorio del centro de investigaciones tecnológicas ambientales (CITA), ubicado en la universidad de la costa, en la ciudad de barranquilla, lugar donde se llevaron a cabo los diferentes ensayos de jarras y pruebas fisicoquímicas. (Figura 6-1).

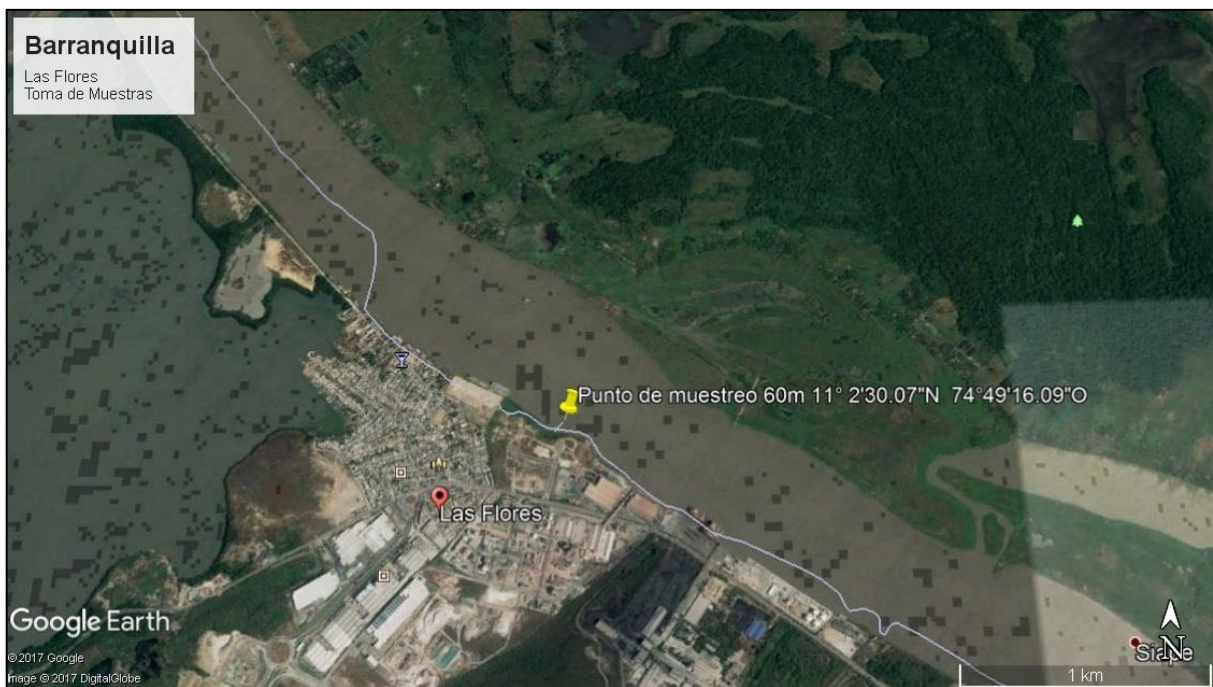


Figura 3. Punto de muestreo. Fuente: Google Earth pro

Preparación del ácido peracético

Para la preparación del ácido peracético, se utilizaron ácido acético y peróxido de hidrógeno. Se toman cantidades iguales de ambos reactivos y se preparan como solución acuosa. Se agita un par de veces. Y este se deja “madurar” por un periodo de 15 días en botellas ámbar. Esto con el fin de no utilizar catalizadores. Se recomienda que cada vez que se vaya a utilizar el APA se agite el producto.

7.3 Prueba de jarras

Los procedimientos o pruebas descritas y reportadas a continuación, se realizaron por triplicado tanto para los ensayos usando hipoclorito de sodio para la desinfección, como en aquellos en el que se utilizó APA, con el fin de lograr el objetivo principal de la investigación que es evaluar la acción del primero mencionado frente al segundo como alternativa de desinfección en procesos de potabilización. Se realizaron también ensayos para determinar la dosis óptima de cada uno de los desinfectantes que es el segundo objetivo de la investigación.

Se agitó la muestra lo suficiente para homogeneizarla, en tres Beaker se toma una porción de ésta y se determinan los parámetros de calidad de agua determinando turbiedad, color, alcalinidad, pH, temperatura y dureza.



Figura 4. Muestras de agua cruda para caracterizar. Fuente: Elaboración propia

Se tomaron 12 jarras y cada una se llenó con 1 litro del agua cruda y se ubicaron en el equipo de prueba de jarras.



Figura 5. Equipo de floculación 1. Fuente: Elaboración propia.

Se utilizaron dos floculadores del laboratorio marca VELP con capacidad para seis (6) jarras y durante los procedimientos se utilizaban doce (12), dichos floculares tienen la misma capacidad en sus funciones.



Figura 6. Equipo de floculación 2. Fuente: Elaboración propia.

7.3.1 Preparación dosis óptima coagulante

Se preparó la solución de sulfato de aluminio tipo b al 1% en un matraz aforándolo con agua destilada y agitando la solución. De la solución preparada se tomaron las cantidades necesarias de dosis para cada jarra (5.5 ml de sulfato de aluminio) como se ve en la Figura 6, este valor fue adoptado mediante ensayos previos tomando como patrón la práctica de laboratorio “dosis optima de coagulante” (universidad de la costa, 2016).



Figura 7. Dosis de sulfato de aluminio para cada jarra. Fuente: Elaboración propia.

7.3.2 Procedimiento aplicación del coagulante.

Se colocó el equipo a 100 rpm adicionándole simultáneamente la dosis correspondiente a cada jarra, lo más cercano posible a la paleta de agitación. Trascurrido el tiempo de los 60 segundos se suspende la mezcla rápida y se inicia la floculación a 45 rpm por 12 minutos. Trascurrido el tiempo de floculación a 45 rpm se coloca el equipo en (0) rpm, se suspendieron las paletas y se dejó que la muestra se sedimente por 6 minutos.

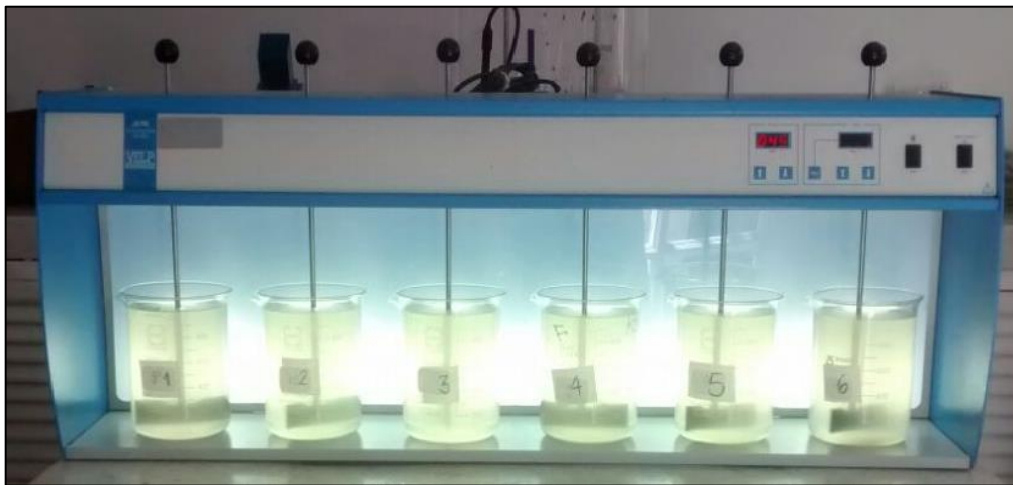


Figura 8. Floculación equipo 1. Fuente: Elaboración propia.

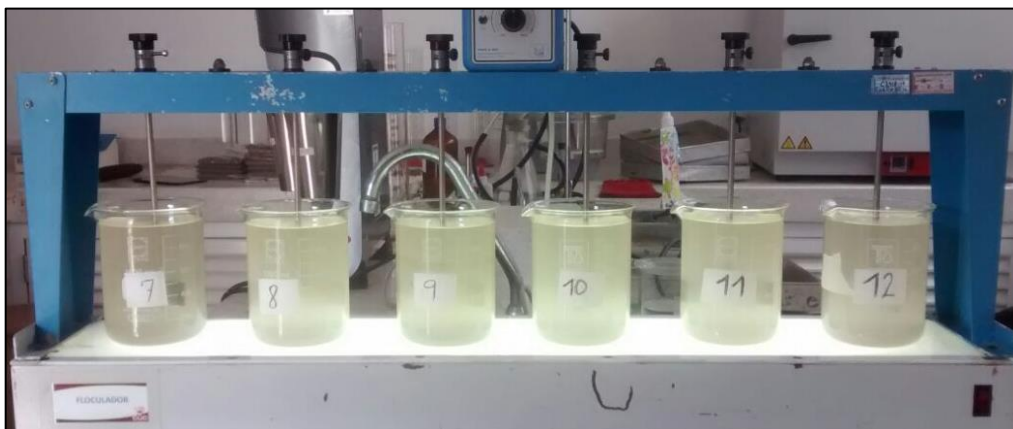


Figura 9 Floculación equipo 2. Fuente: Elaboración propia.

Terminado el tiempo de sedimentación se tomó inmediatamente una muestra de cada jarra unos (100 ml aproximadamente), al mismo tiempo y profundidad teniendo el suficiente cuidado de no mover la jarra.

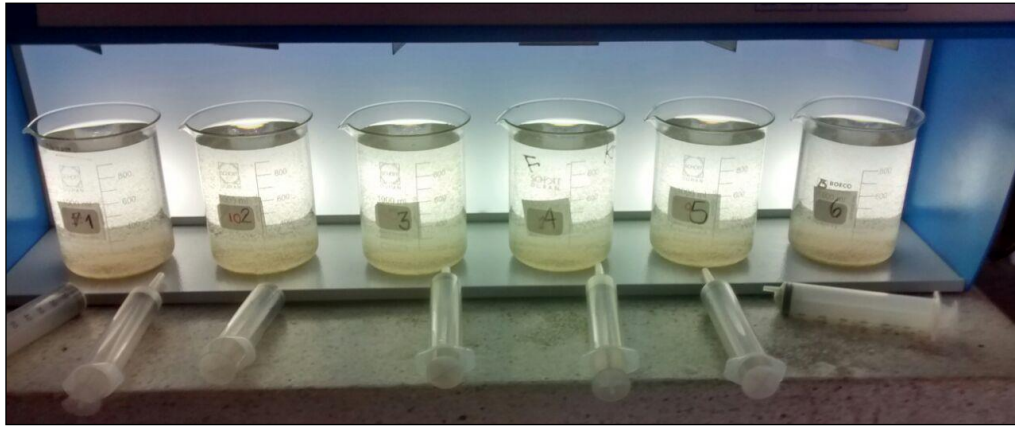


Figura 10. Sedimentación. Fuente: Elaboración propia.

Se le determina a cada una de las muestras los parámetros de calidad de agua (turbiedad, color, alcalinidad, pH, temperatura y dureza)

7.3.3 Cálculos cantidad de hipoclorito y apa aplicados en cada jarra

Se adquiere comercialmente un hipoclorito cloro a 12% de pureza, equivalente a una concentración de 120.000 ppm.

$$12\% = \frac{12g}{100ml} \times \frac{1000mg}{1g} \times \frac{1000ml}{1l} = 120.000 \text{ mg/l}$$

$$\text{Jarra 1} = \frac{500ml \times 2,5mg/l}{120.000 \text{ mg/l}} = 0,010 = 10 \mu\text{L}$$

Tabla 7

Dosis aplicada de cloro en cada jarra

Jarra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dosis (landa)	10	15	20	25	30	33	38	42	46	60	80	100

Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente ecuación se determinó la cantidad de APA por jarra, a partir del producto preparado al 4%:

$$\text{Jarra 1} = \frac{500\text{ml} \times 2,5\text{mg/l}}{40.000 \text{ mg/l}} = 0,032 = 32 \mu\text{L}$$

Tabla 7

Dosis aplicada de APA en cada jarra

Jarra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dosis (landa)	32	44	56	75	88	100	110	120	140	190	250	310

Fuente: Elaboración propia.

Se tomaron como referencia estas concentraciones porque son las que cumplen con todos los parámetros según la norma.

8 Resultados

8.1 Prueba de jarras muestra 1

A continuación, se observan los resultados correspondientes a la primera prueba de jarras realizada (Tabla 8) esta prueba de jarras se realiza para evidenciar en qué estado se recibe el agua a tratar:

Tabla 8

Caracterización agua cruda (muestra 1)

Parámetros	Ensayo #1	Ensayo #2	Ensayo #3
pH	5.88	6.13	6.4
Temperatura	25.2°C	25°C	25.7°C
Alcalinidad	80	100	128
Color	50	60	60
Dureza	204	212	220
Turbiedad (unt)	93	93.6	105

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 9 y 10 se pueden observar los resultados obtenidos para cada prueba de jarras en el proceso de desinfección de agua con hipoclorito de sodio y APA.

Tabla 9

Resultados Prueba de jarras con hipoclorito de sodio (Muestra 1)

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Dureza	Turbiedad
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	6.52	25.7	60	5	52	1.3
2	6.82	25.7	60	5	58	1.6
3	6.36	25.4	48	5	60	1.5
4	6.58	25.7	72	5	56	1.4
5	5.86	25.3	80	5	52	1.7
6	5.36	25.9	100	5	54	1.7
7	5.63	25.5	68	5	60	1.7
8	6.55	25.3	60	5	58	1.8
9	5.63	25.6	76	10	56	1.8
10	5.62	25.3	60	10	60	1.9

11	5.65	25.4	68	5	56	1.9
12	5.55	25.6	80	10	52	1.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Resultados Prueba de jarras con APA (Muestra 1).

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Dureza	Turbiedad
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	6.39	25.8	60	10	56	1.4
2	6.52	25.7	60	5	56	1.36
3	6.57	25.2	48	10	58	1.52
4	6.6	25.5	72	5	68	1.15
5	6.61	25.7	80	10	52	1.28
6	6.62	25.7	74	5	62	1.16
7	6.56	25.2	68	5	62	1.13
8	6.46	25.9	60	10	64	1.11
9	6.44	25.1	76	10	52	1.22
10	6.46	25.5	60	10	58	1.36
11	6.66	25.4	68	5	66	1.26
12	6.45	25.6	80	10	64	1.18

Fuente: Elaboración propia.

8.2 Prueba de jarras muestra

Los resultados que a continuación se podrán observar corresponden a la segunda prueba de jarras realizada

Tabla 11

Caracterización agua cruda muestra 2

Parámetros	Ensayo #1	Ensayo #2	Ensayo #3
pH	6.95	6.56	6.52
Temperatura	26.1	26.6	26.5
Alcalinidad	80	88	84
Color	60	50	60
Dureza	210	200	204

Turbiedad (unt)	122	106	103
-----------------	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas 12 y 13 Tabla se pueden observar los resultados obtenidos para cada prueba de jarras en el proceso de desinfección de agua con hipoclorito de sodio y con APA como se mencionó anteriormente se hacen 3 pruebas con cada desinfectante.

Tabla 12.

Resultados Prueba de jarras con hipoclorito de sodio muestra 2

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Dureza	Turbiedad
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	6.82	25.7	70	5	50	1.36
2	6.58	25.9	78	10	50	1.39
3	5.36	25.7	72	10	52	1.41
4	6.55	25.3	74	5	54	1.4
5	5.63	25.4	70	5	54	1.45
6	6.82	25.9	72	5	54	1.42
7	6.78	25.6	80	5	52	1.42
8	6.23	25.7	80	10	56	1.44
9	5.68	25.8	78	5	58	1.45
10	5.36	25.3	72	5	56	1.5
11	5.22	25.7	74	5	60	1.56
12	5.16	25.9	70	5	58	1.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.

Resultados prueba de jarras APA muestra 2.

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Dureza	Turbiedad
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	6.71	25.7	70	5	54	1.46
2	6.76	25.7	72	10	56	1.46
3	6.85	25.4	60	10	54	1.48
4	6.73	25.7	74	5	58	1.49
5	6.85	25.3	60	10	60	1.52
6	6.75	25.9	60	5	58	1.5
7	6.83	25.5	80	5	60	1.56

8	6.92	25.3	74	10	64	1.58
9	6.72	25.6	60	10	66	1.59
10	6.82	25.3	68	5	62	1.6
11	6.89	25.4	72	5	68	1.69
12	6.97	25.6	70	10	68	1.7

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Prueba de jarras muestra 3

Tabla 14

Caracterización de muestra de agua muestra 3.

Parámetros	Ensayo #1	Ensayo #2	Ensayo #3
pH	5.32	5.41	5.63
Temperatura	25.8	25.9	25.8
Alcalinidad	80	84	100
Color	60	60	60
Dureza	220	210	204
Turbiedad (unt)	189	169	178

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas Tabla y

Tabla se pueden observar los resultados obtenidos para cada prueba de jarras en el proceso de desinfección de agua con hipoclorito de sodio y APA.

Tabla 15.

Resultados prueba de jarras con hipoclorito de sodio muestra 3.

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Dureza	Turbiedad
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	6.58	25,7	64	5	54	1.36
2	6.55	25,7	62	5	58	1.39
3	6.82	25,4	66	5	60	1.41
4	6.23	25,7	68	5	56	1.4
5	6.51	25,3	68	5	58	1.4
6	6.36	25,9	64	5	54	1.42

7	6.82	25,5	64	10	52	1.42
8	5.36	25,3	66	10	54	1.44
9	5.63	25,6	62	5	58	1.45
10	5.89	25,3	60	5	58	1.5
11	5.86	25,4	62	5	50	1.56
12	5.63	25,6	60	5	52	1.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.

Resultados prueba de jarras APA muestra 3.

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Dureza	Turbiedad
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	6.87	25.7	72	10	62	1.46
2	6.76	25.9	68	5	66	1.46
3	6.67	25.8	60	5	62	1.48
4	6.98	25.7	80	10	60	1.49
5	6.76	25.7	80	5	66	1.52
6	6.73	25.5	60	5	60	1.5
7	6.87	25.3	72	10	56	1.56
8	6.93	25.6	78	10	58	1.58
9	6.75	25.3	70	10	60	1.59
10	6.83	25.6	60	5	58	1.6
11	6.98	25.7	72	10	56	1.69
12	6.85	25.8	80	5	62	1.7

Fuente: Elaboración propia

8.4 Prueba de jarras muestra 4

Como uno de nuestros objetivos es determinar la dosis optima del APA, teniendo en cuenta las pruebas anteriores, se toman las dosis óptimas respectivas para hipoclorito de sodio y para APA y se realizan pruebas con cada una de éstas.

Para el hipoclorito de sodio se utiliza la dosis de 0,100 ml y para el ácido Peracético se utiliza dosis de 0,31 ml ya que estas dosis fueron las de mejor comportamiento frente a la norma.

Tabla 17

Caracterización de muestra de agua para dosis óptima.

Parámetros	Ensayo #1	Ensayo #2	Ensayo #3
pH	6,31	6,47	6,68
Temperatura	25,6	25,5	25
Alcalinidad	76	68	76
Color	60	80	70
Dureza	140	152	148
Turbiedad (unt)	101	97,6	96,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18.

Prueba De jarras con la dosis optima de hipoclorito de sodio.

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Turbiedad	Dureza
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	5,53	24,8	36	10	4,59	44
2	5,83	24,9	48	10	3,84	52
3	5,51	24,3	52	10	3,43	48
4	5,39	24	44	5	2,93	36
5	5,29	23,9	52	5	2,70	44
6	5,82	24,3	56	10	2,77	40
7	5,62	24,2	48	5	2,89	52
8	5,45	24,1	36	10	2,76	56
9	5,79	23,9	52	10	2,69	48
10	5,69	24,2	48	5	3,11	56
11	5,38	24	44	10	2,93	44
12	5,62	23,8	56	5	2,85	48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.

Prueba de jarras con la dosis optima de APA.

Jarra	pH	Temperatura	Alcalinidad	Color	Turbiedad	Dureza
Unidades	U. de pH	°C	CaCO ₃	(upc)	(unt)	CaCO ₃
1	6,16	22,3	44	20	2,56	64
2	6,17	22,4	56	10	2,68	68
3	6,24	22,4	64	20	2,55	60
4	6,28	22,3	56	20	2,42	68
5	6,36	22,4	68	10	3,25	72
6	6,34	22,6	52	20	3,13	76
7	6,25	22	56	20	2,52	76
8	6,19	22,5	52	20	2,65	68
9	6,27	22,3	44	10	2,57	60
10	6,23	22,1	48	20	3,05	64
11	6,22	22,5	64	10	2,85	72
12	6,31	22,4	68	10	2,74	68

Fuente: Elaboración propia.

9 Análisis de resultados y discusión

9.1 Resultados microbiológicos

Una vez determinadas las dosis optimas del APA y NaClO y buscando cumplir con el segundo objetivo específico de la investigación, se realizaron pruebas microbiológicas por un laboratorio acreditado por el IDEAM el cual fue Servicios de Ingeniería y Ambiente SERAMBIENTE S.A., y los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas comprobándose así que el APA cumple con los parámetros microbiológicos y cumple con los requisitos para ser una alternativa de desinfección amigable con el medio ambiente.

Tabla 20.

Resultados Coliformes Fecales APA.

Número más probable de Coliformes fecales	
Diciembre 16 de 2016	
Unidades	Agua Potable
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00
UFC/100mL	00,00

Fuente: SERAMBIENTE, diciembre 2016

Tabla 21

Resultados Coliformes Fecales NaClO

Número más probable de Coliformes fecales		
Diciembre 16 de 2016		
Muestra	Unidades	Agua Potable
NaClO 1	UFC/100mL	00,00
NaClO 2	UFC/100mL	00,00
NaClO 3	UFC/100mL	00,00
NaClO 4	UFC/100mL	00,00
NaClO 5	UFC/100mL	00,00
NaClO 6	UFC/100mL	00,00
NaClO 7	UFC/100mL	00,00
NaClO 8	UFC/100mL	00,00
NaClO 9	UFC/100mL	00,00
NaClO 10	UFC/100mL	00,00
NaClO 11	UFC/100mL	00,00
NaClO 12	UFC/100mL	00,00

Fuente: SERAMBIENTE, diciembre 2016.

Tabla 22

Resultados Coliformes Totales APA

Número más probable de Coliformes Totales		
Diciembre 16 de 2016		
Muestra	Unidades	Agua Potable
APA 1	UFC/100mL	00,00
APA 2	UFC/100mL	00,00
APA 3	UFC/100mL	00,00
APA 4	UFC/100mL	00,00
APA 5	UFC/100mL	00,00
APA 6	UFC/100mL	00,00
APA 7	UFC/100mL	00,00
APA 8	UFC/100mL	00,00
APA 9	UFC/100mL	00,00
APA 10	UFC/100mL	00,00
APA 11	UFC/100mL	00,00

APA 12	UFC/100mL	00,00
Fuente: SERAMBIENTE, diciembre 2016.		

Tabla 23.

Resultados Coliformes Totales NaClO.

Número más probable de Coliformes Totales		
Diciembre 16 de 2016		
Muestra	Unidades	Agua Potable
NaClO 1	UFC/100mL	00,00
NaClO 2	UFC/100mL	00,00
NaClO 3	UFC/100mL	00,00
NaClO 4	UFC/100mL	00,00
NaClO 5	UFC/100mL	00,00
NaClO 6	UFC/100mL	00,00
NaClO 7	UFC/100mL	00,00
NaClO 8	UFC/100mL	00,00
NaClO 9	UFC/100mL	00,00
NaClO 10	UFC/100mL	00,00
NaClO 11	UFC/100mL	00,00
NaClO 12	UFC/100mL	00,00
Fuente: SERAMBIENTE, diciembre 2016.		

De acuerdo a los resultados presentados en las tablas anteriores, no se halló concentración cuantificable de coliformes fecales y/o Coliformes Totales.

9.2 Resultados para el pH

La resolución 2115 de 2007 plantea que el pH del agua para consumo humano debe estar entre 6.5 y 9.0. Para el APA se observa un comportamiento estable en todas las muestras, pero para el hipoclorito no hay picos en donde el pH alcanza valores de 5,5, en la figura 12 las jarras 3 y 5 mostraron pH cercanos a 5 y en la Figura 13 la jarra 8 tiene un pH de 5.

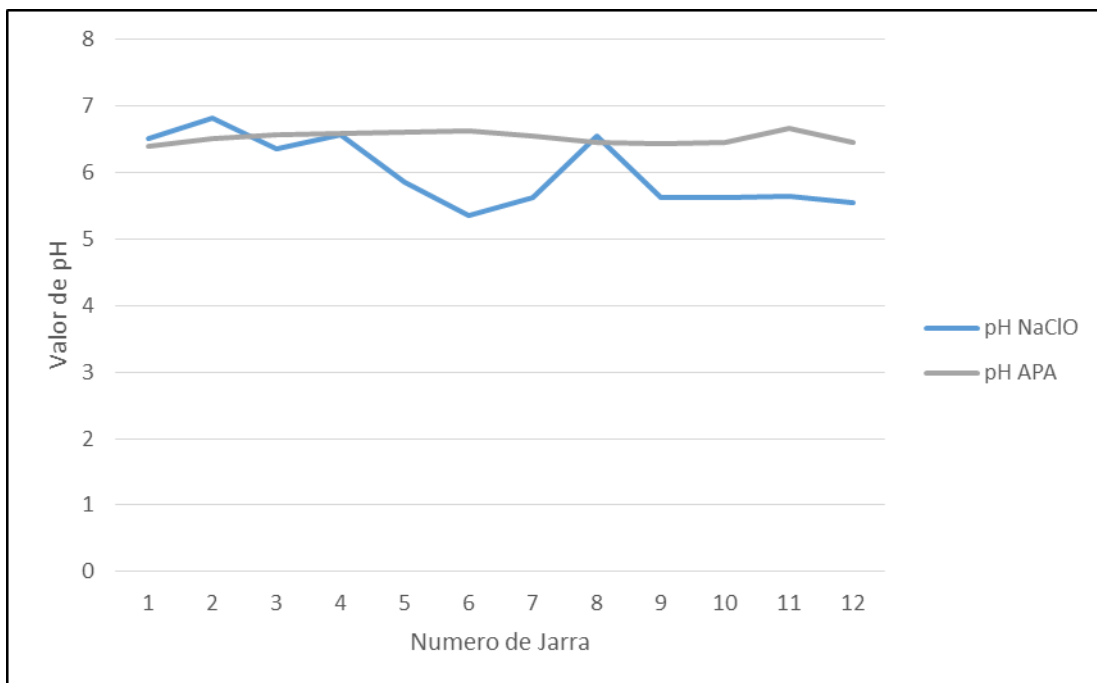


Figura 11. pH NaClO vs APA (Muestra #1). Fuente: Elaboración propia.

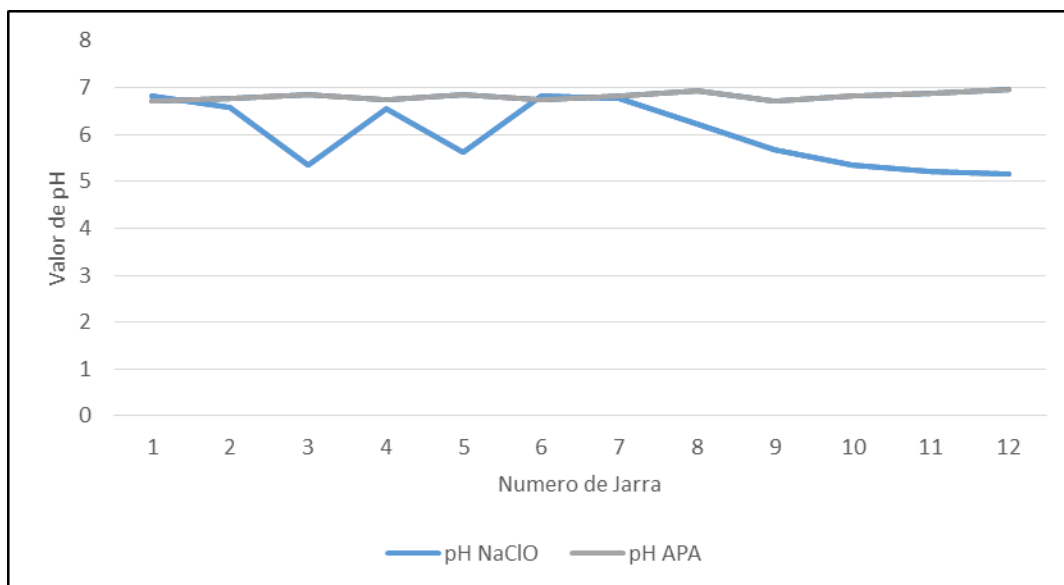


Figura 12 pH NaClO vs APA (Muestra #2). Fuente: Elaboración propia.

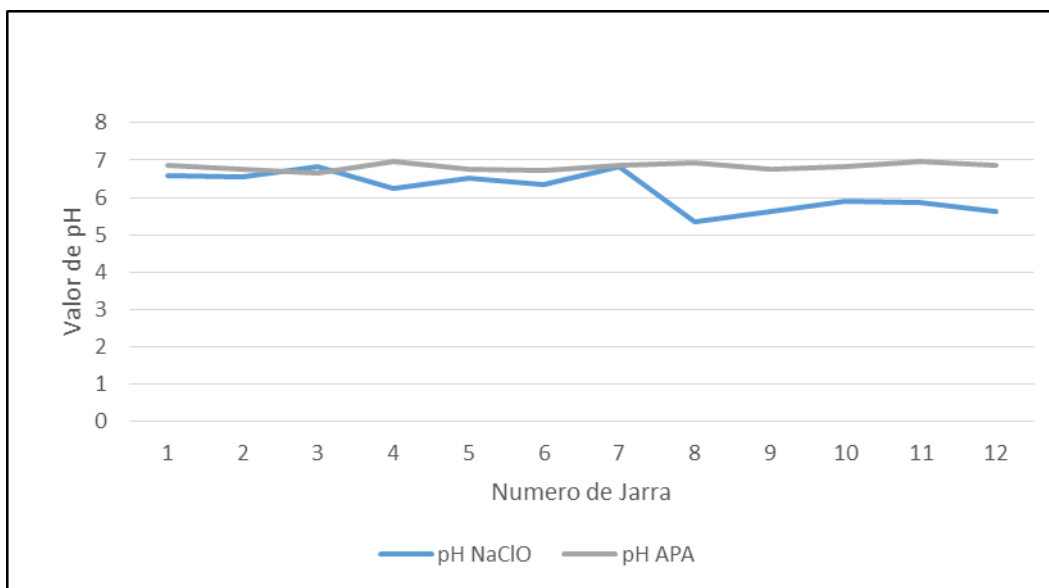


Figura 13 pH NaClO vs APA (Muestra #3). Fuente: Elaboración propia.

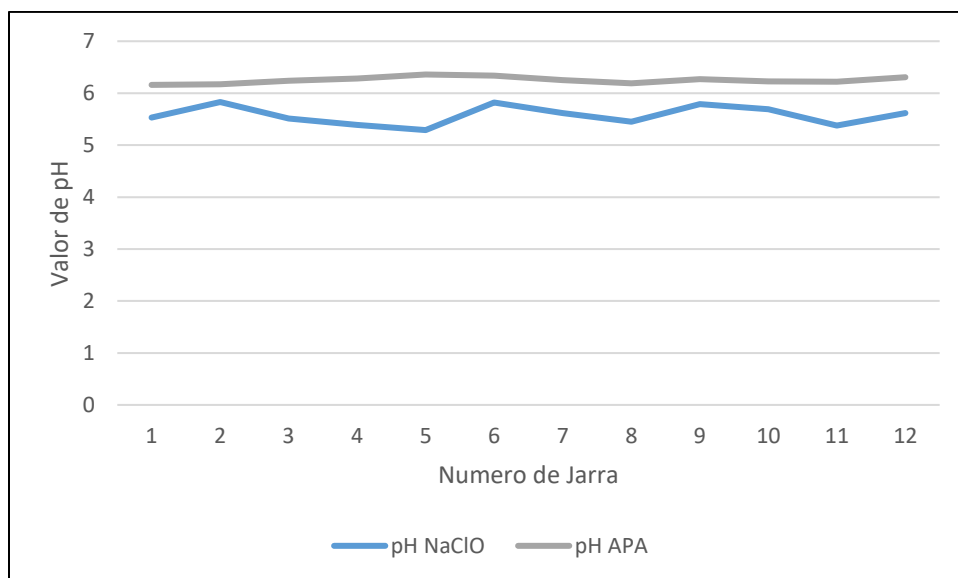


Figura 11 pH NaClO vs APA (Dosis optima). Fuente: Elaboración propia.

9.3 Resultados para la temperatura.

La temperatura de las muestras se mantuvo entre 25 y 26°C, la resolución 2115 de 2007 no precisa una temperatura o un rango puntual como el permitido, en las Figura 12 y Figura 14, todas las muestras se encontraron en el rango de temperatura ambiente para el laboratorio de química donde se desarrollan los análisis.

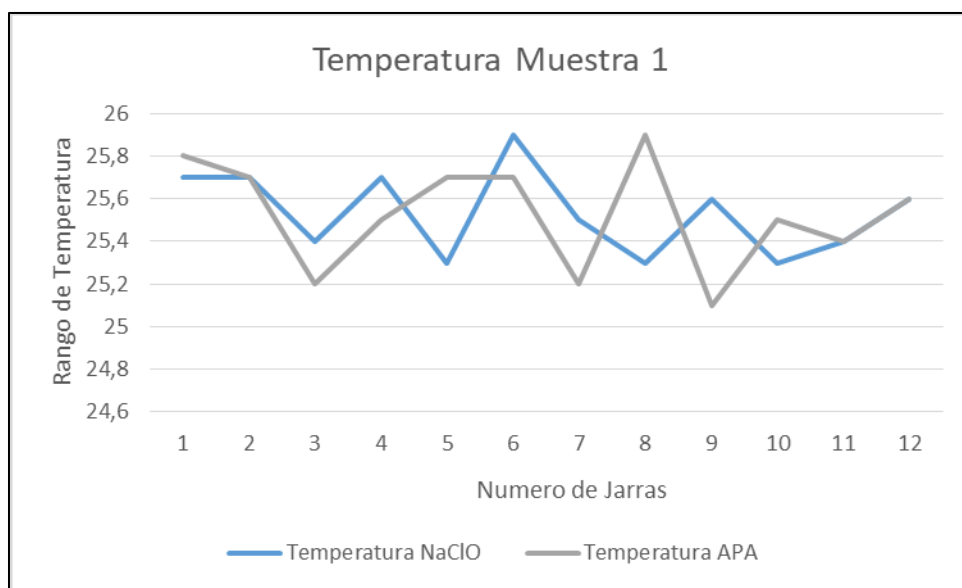


Figura 12 temperatura NaClO vs APA (Muestra #1). Fuente: Elaboración propia.

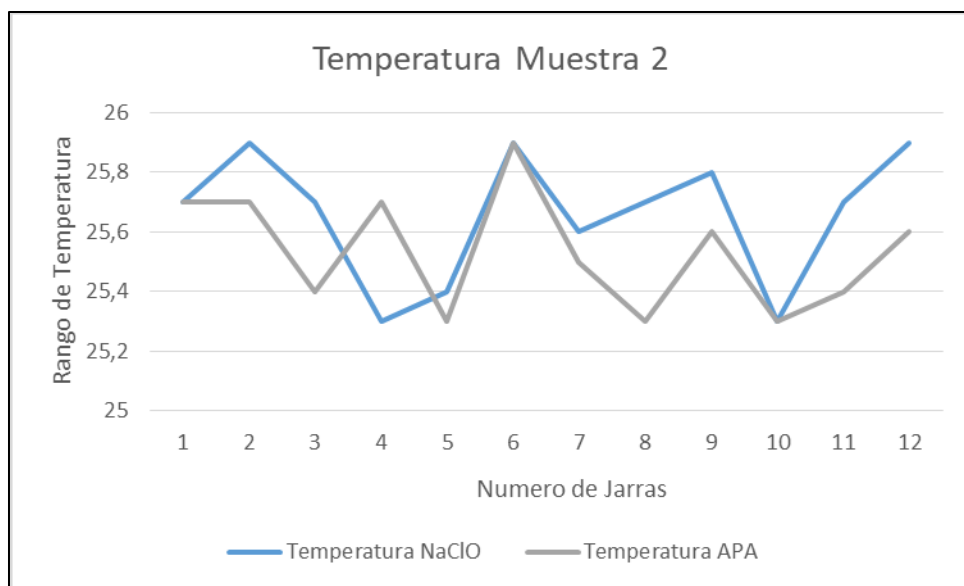


Figura 13 temperatura NaClO vs APA (Muestra #2). Fuente: Elaboración propia.

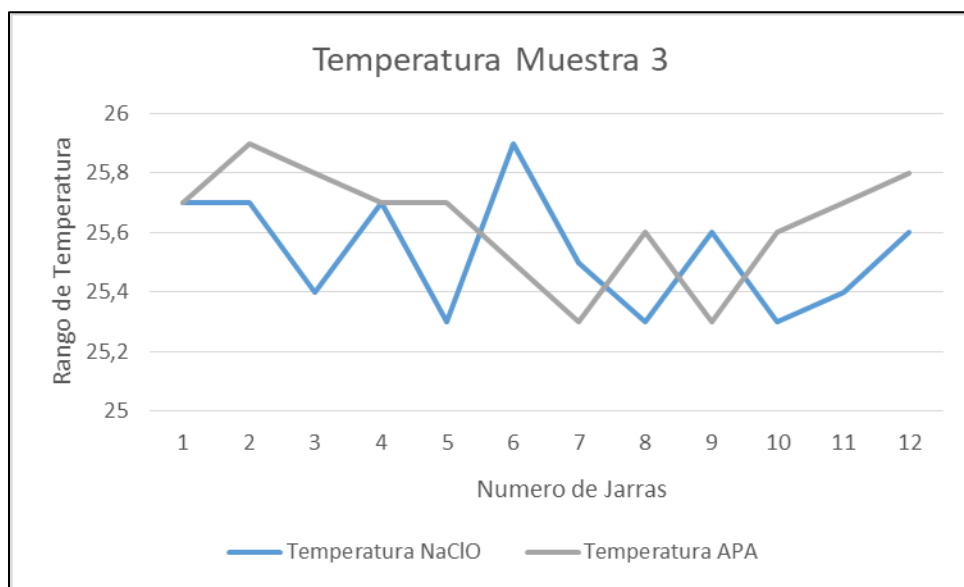


Figura 14 temperatura NaClO vs APA (Muestra #3). Fuente: Elaboración propia.

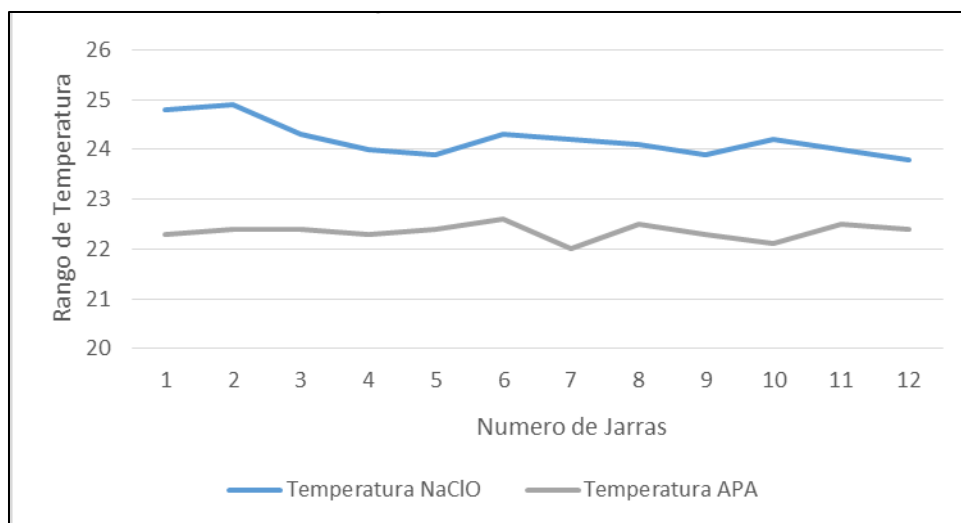


Figura 15 Temperatura NaClO vs APA (Dosis optima). Fuente: Elaboración propia.

9.4 Resultados para la alcalinidad

La resolución 2115 de 2007 plantea que: “para agua de consumo humano el valor máximo aceptable es de 200mg/l ” (Ministerio de la protección Social, 22 junio 2007). En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar que el hipoclorito de sodio que en la jarra aumento su alcalinidad, luego disminuye se mantiene estable, comportamiento similar se puede observar en las Figura y Figura. Por su parte el APA mostró datos variados siendo el mas bajo en la muestra numero 1 la jarra 3 donde la alcalinidad alcanzó un valor aproximado de 55 mg/l y el mas alto en la jarra 5 donde alcanzó una alcalinidad de 85mg/l aproximadamente. Segun lo observado en las graficas las variaciones de alcalinidad del APA en comparación con el hipoclorito de sodio no son significativas y se ajustan a lo estipulado en la resolución.

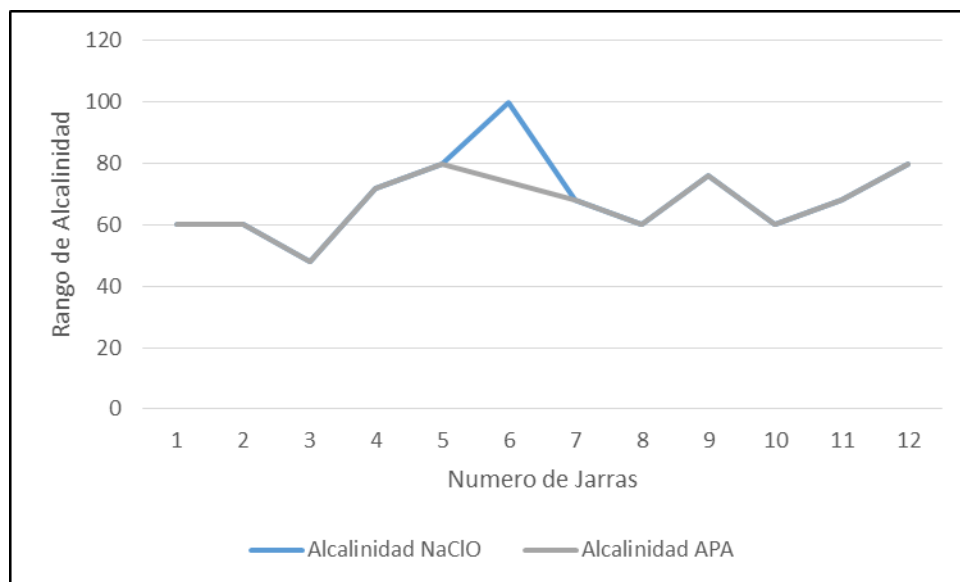


Figura 16 Alcalinidad NaClO vs APA (Muestra #1). Fuente: Elaboración propia.

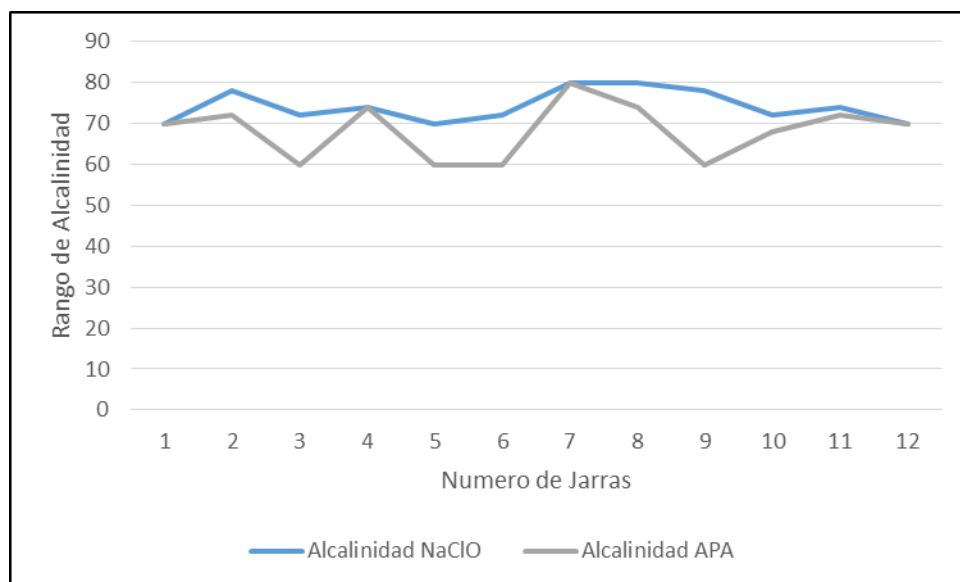


Figura 20 Alcalinidad NaClO vs APA (Muestra #2). Fuente: Elaboración propia.

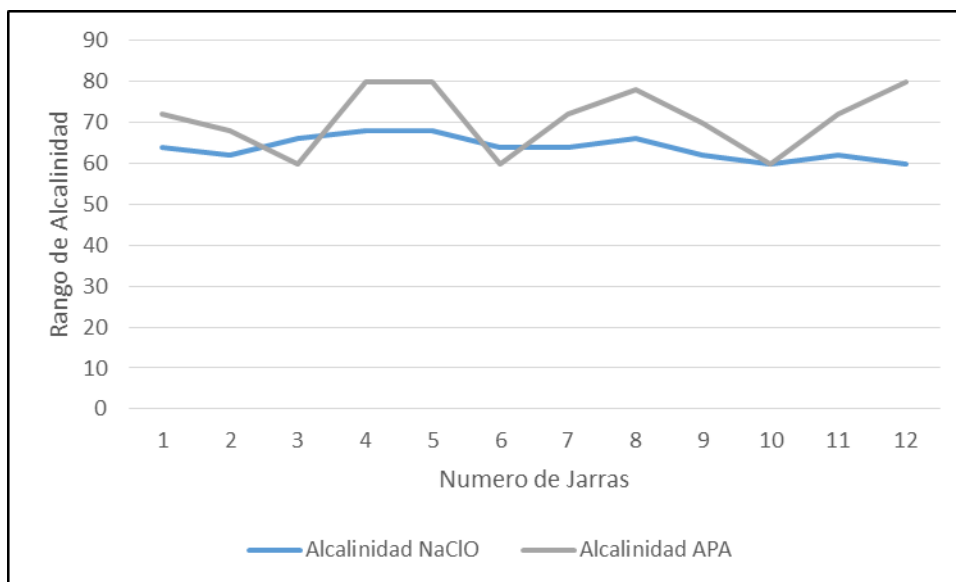


Figura 21 Alcalinidad NaClO vs APA (Muestra #3). Fuente: Elaboración propia.

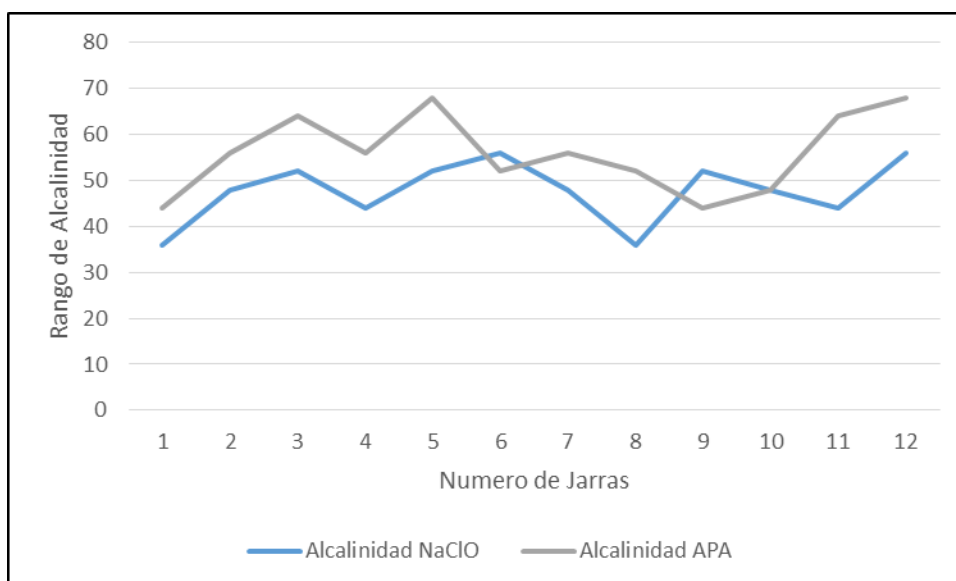


Figura 7 Alcalinidad NaClO vs APA (Dosis optima). Fuente: Elaboración propia.

9.5 Resultados para el color aparente

La resolución 2115 de 2007 plantea como valor máximo aceptable 15 upc, en las

Figura 8

y Figura 9 se puede observar que los rangos de color aparente tanto de hipoclorito de sodio como de ácido peracético mantuvieron rangos similares entre 5 upc y 10 upc. Se logra observar

que el APA presentó valores mayores que el hipoclorito y esta tendencia continua con la muestra de la dosis óptima.

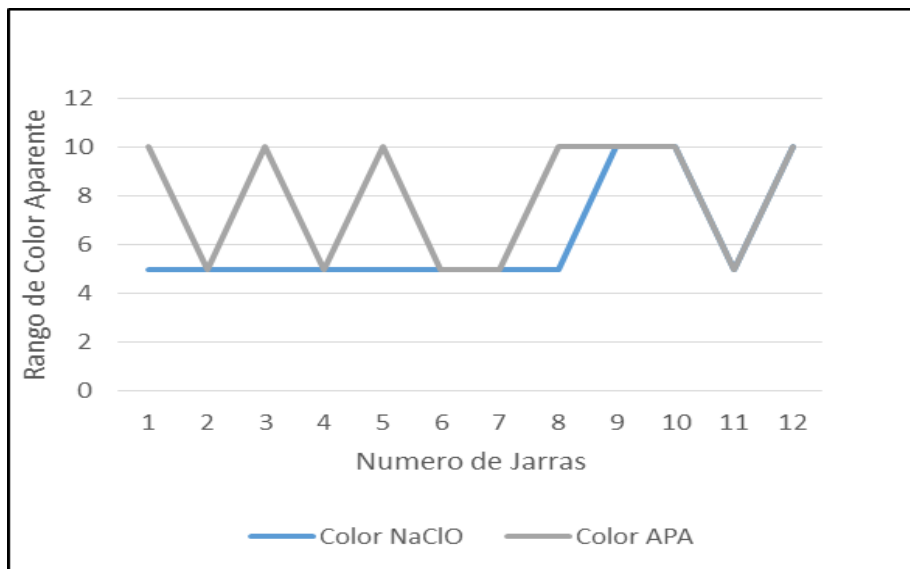


Figura 8 Color Aparente NaClO vs APA (Muestra #1). Fuente: Elaboración propia.

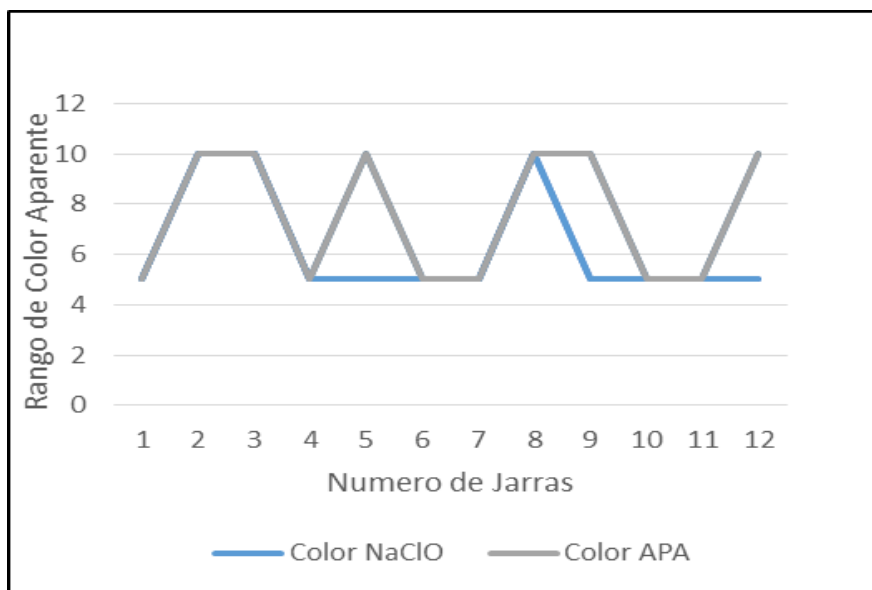


Figura 9 Color Aparente NaClO vs APA (Muestra #2). Fuente: Elaboración propia.

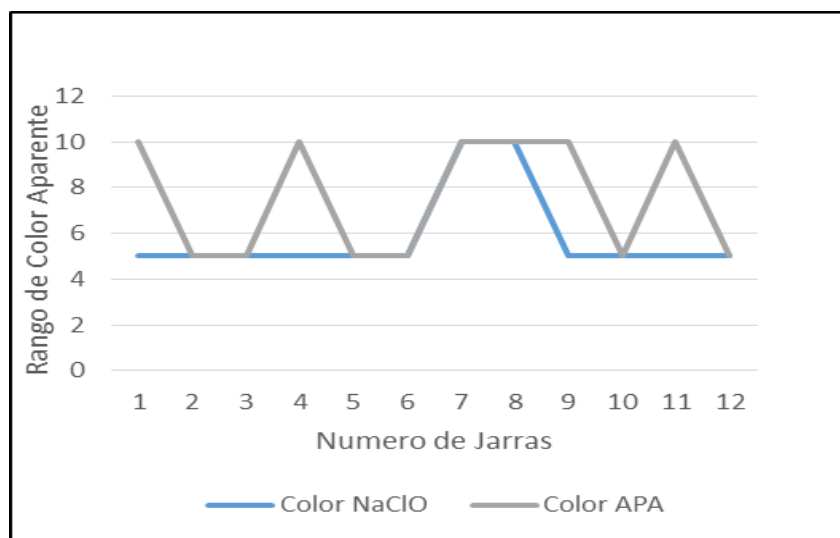


Figura 10 Color Aparente NaClO vs APA (Muestra #3). Fuente: Elaboración propia.

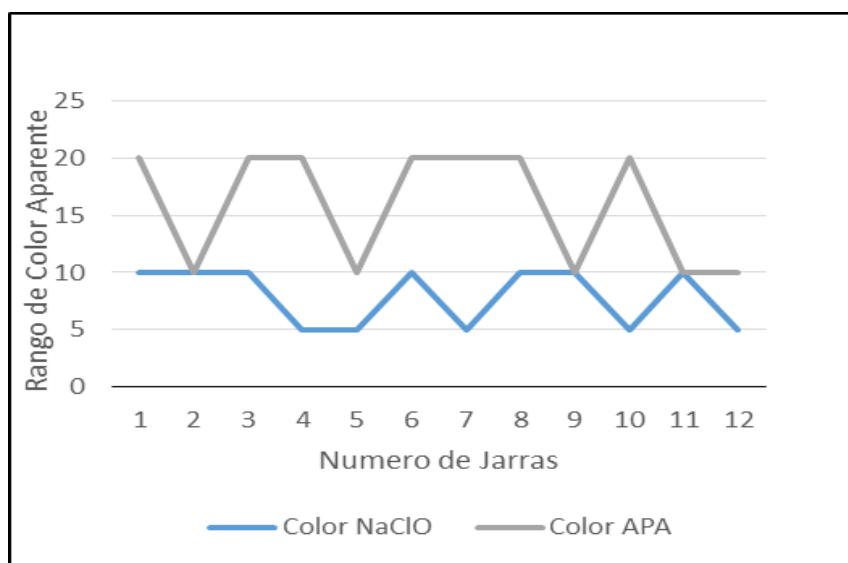


Figura 11 Color Aparente NaClO vs APA (Dosis optima). Fuente: Elaboración propia.

9.6 Resultados para dureza.

La resolución 2115 de 2007 plantea como valor máximo permisible 300 mg/l de dureza, en la Figura 12 la línea de tendencia de dureza de hipoclorito de sodio se mantuvo en rangos aproximados de 51 mg/l a 58 mg/l, por su parte la dureza cuando se utilizó del ácido peracético como desinfectante tuvo ligeras variaciones manteniéndose en un rango de 54 mg/l a 64 mg/l.

Las diferencias de rangos no son significativas, pero se puede apreciar que a medida que se aumentaba la concentración de APA en la muestra, la dureza presenta un comportamiento ascendente y siempre mayor a la del hipoclorito de sodio que se mantiene estable.

Comportamiento similar se puede apreciar en las Figura 13 y Figura 14 respectivamente, esto se puede presentar por la presencia de sales de magnesio y calcio quizás estos factores pueden influir en que el agua se vuelva más dura con el uso del APA.

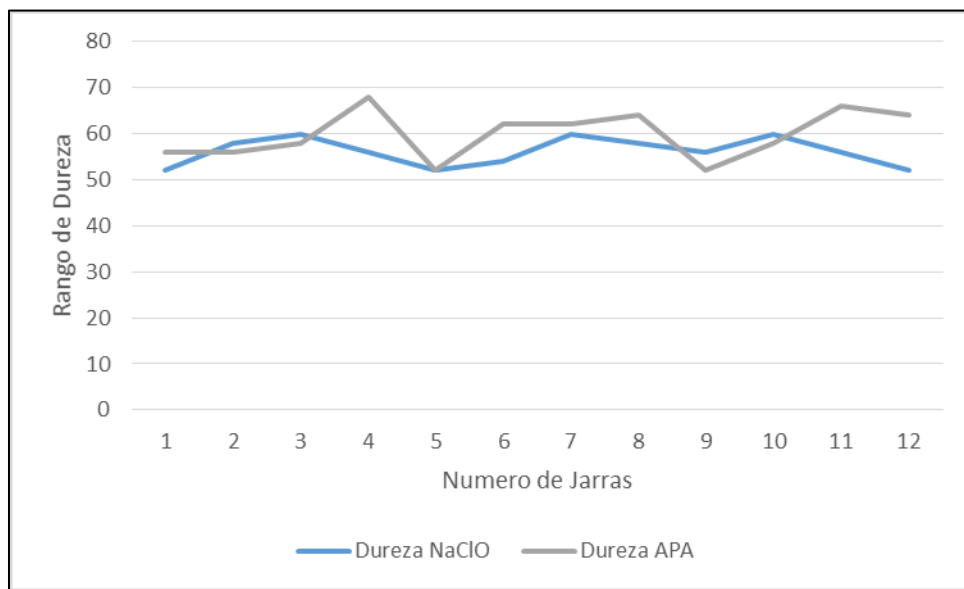


Figura 12 Dureza NaClO vs APA (Muestra #1). Fuente: Elaboración propia.

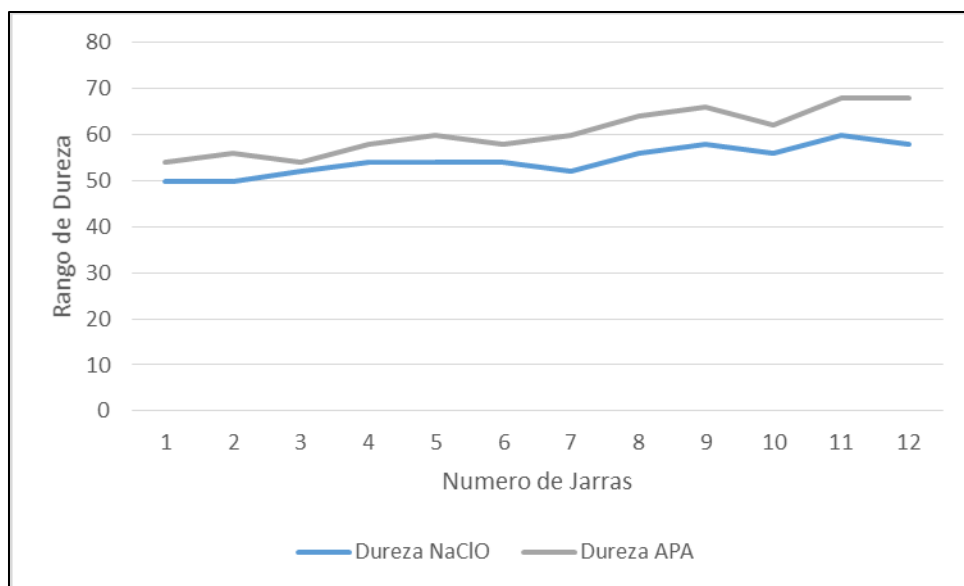


Figura 13 Dureza NaClO vs APA (Muestra #2). Fuente: Elaboración propia.

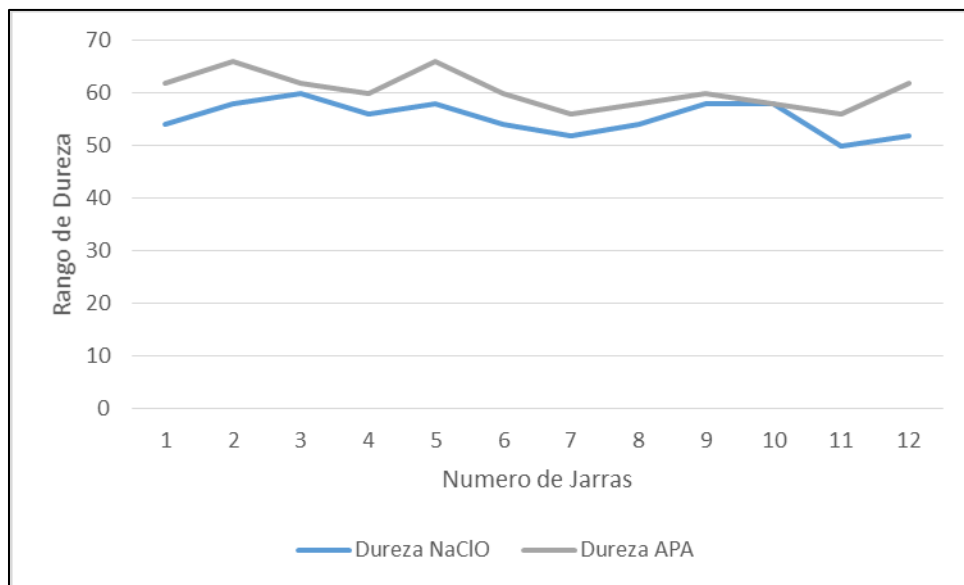


Figura 14 Dureza NaClO vs APA (Muestra #3). Fuente: Elaboración propia.

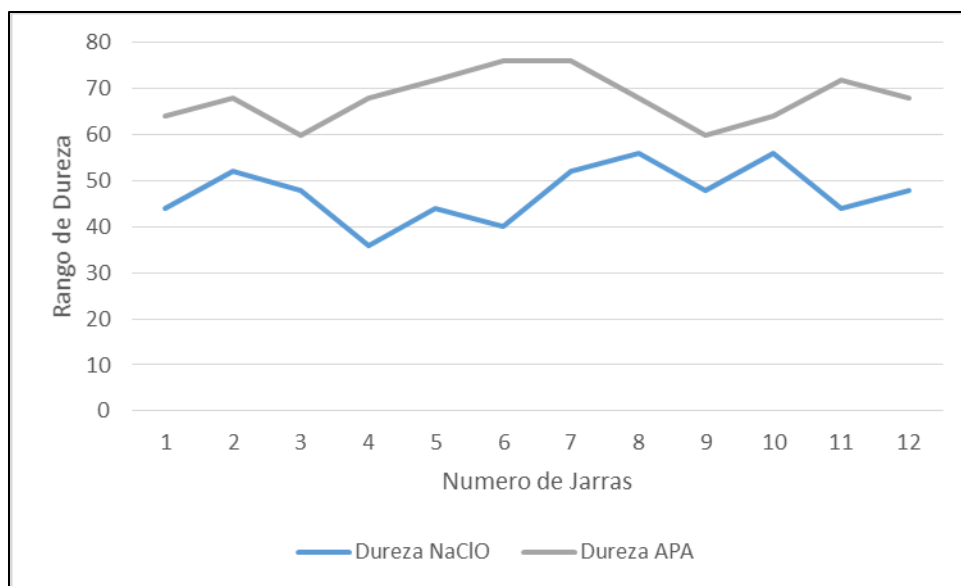


Figura 15 Dureza NaClO vs APA (Dosis optima). Fuente: Elaboración propia.

9.7 Resultados para turbiedad

La resolución 2115 de 2007 plantea como valor máximo aceptable de turbiedad 2 UNT, en la Figura 16,

Figura 17, Figura 18 y Figura se puede observar que los rangos de turbiedad tanto del hipoclorito de sodio como los de ácido peracético se mantienen estables entre 1.40 unt y 1.60 unt siendo el valor más alto para las jarras 12 de las muestras de ácido peracético de mayor concentración de las muestras 2 y 3. Los rangos turbiedad no tiene un rango diferencial importante pero es de anotar que en el ácido es más alta que en el hipoclorito de sodio.

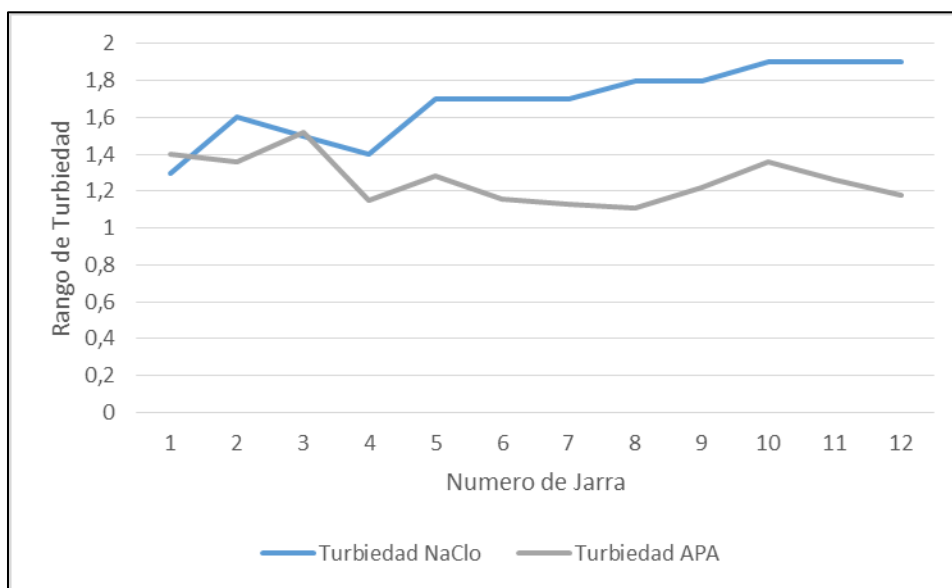


Figura 16 Turbiedad NaClO vs APA (Muestra #1). Fuente: Elaboración propia.

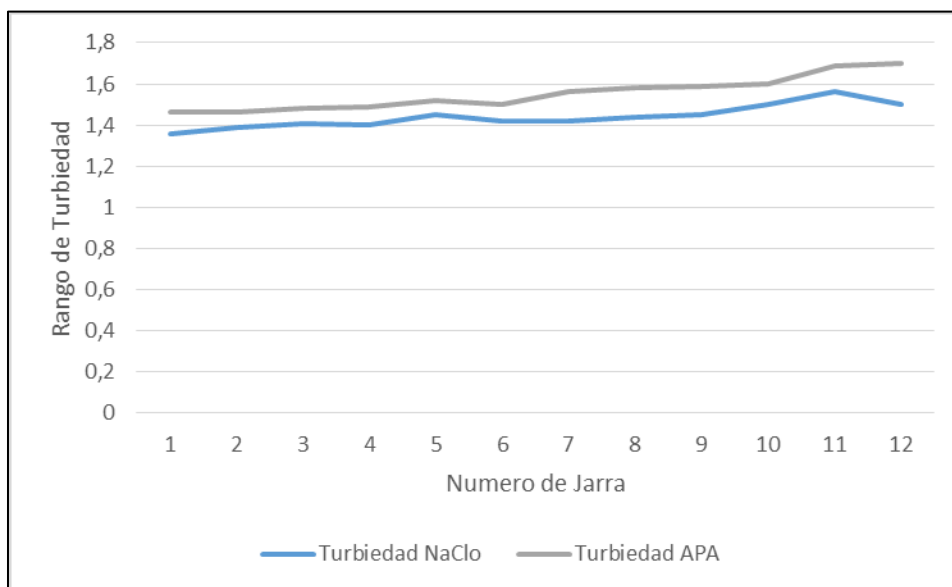


Figura 17 Turbiedad NaClO vs APA (Muestra #2). Fuente: Elaboración propia.

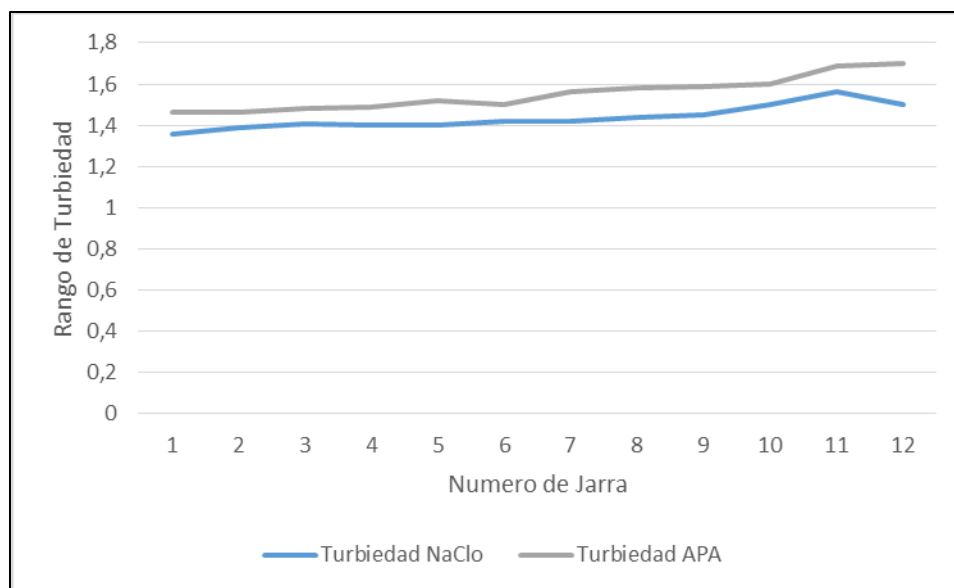


Figura 18 Turbiedad NaClO vs APA (Muestra #3). Fuente: Elaboración propia.

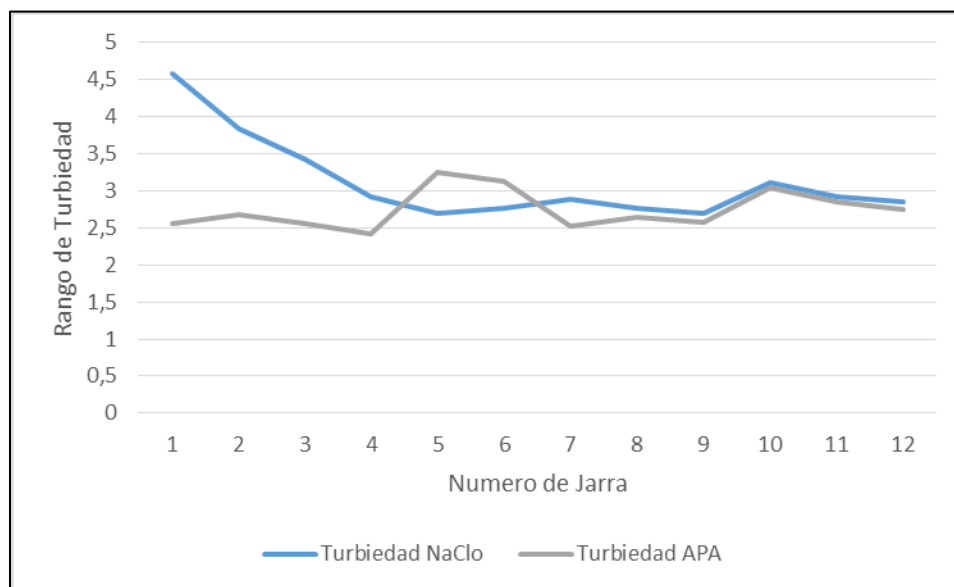


Figura 34 Turbiedad NaClO vs APA (Dosis optima). Fuente: Elaboración propia.

10 Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el APA como alternativa de desinfección en comparación con el hipoclorito de sodio. Según las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas realizadas, ambos cumplen con las normas de desinfección y potabilización de agua, pero el APA muestra dos grandes ventajas frente al hipoclorito, al ser un agente biocida y además ser amigable con el medio ambiente. Desde el punto de vista económico, es altamente rentable utilizar el APA en lugar del hipoclorito, ya que al tener una concentración menor pero efectiva, se utiliza menos producto y los costos para su preparación son menores.

- La dosis óptima de APA como agente bactericida para potabilización de las muestras analizadas, fue de 0,31mL, ya que fue con la que mejor comportamiento se tuvo frente a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
 - No se halló material patológico en las muestras analizadas en concentraciones iguales a la dosis óptima recomendada según el punto anterior.
 - Analizando los resultados físico-químicos obtenidos, se encontró que, al comparar APA con el NaClO, no se presentan variaciones significativas en cuanto a pH, Alcalinidad, Dureza, Temperatura y Color. Ambos desinfectantes se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas, lo que ratifica que el APA dentro de estos márgenes es una alternativa confiable en materia de desinfección.
-

11 Referencia

DECRETO 1575, MAVDT (2007).

Resolución 2115 , MPSAVDT (22 junio 2007).

A. Concetta Elia, V. A. (2006). *Hepatic antioxidant enzymes and total glutathione of Cyprinus carpio exposed to three disinfectants, chlorine dioxide, sodium hypochlorite and peracetic acid, for superficial water potabilization*. Italy: Università di Perugia.

A. Vera, D. P. (2008). *Revision y Actualizacion del Programa de Limpieza y Desinfeccion* Anglopharma S.A. Bogota: Universidad Javeriana.

BARRAGÁN, J. L. (2012). *EVALUACIÓN DE ÁCIDO PERACÉTICO E HIPOCLORITO DE SODIO SOBRE CEPAS DE Salmonella spp., INOCULADAS EN AGUA DE CHILLER*. Bogota Colombia : Pontificia Universidad Javeriana .

Chlor, E. (2012). *ANE Asociacion Nacional de Electroquimica*.

committees, s. (2014). Biocida(s). *GreenFacts*.

Cuba, U. d. (2009). *DESINFECTANTES DE USO HOSPITALARIO*.

Dario Falsanisi, R. G. (2008). *Effect of Suspended Particles on Disinfection of a Physicochemical*. Italia .

EPA. (10 de MARZO de 2015). *EPA, GREEN CHEMISTRY*. Obtenido de <https://www.epa.gov/greenchemistry>

EPA, U. S. (2012). *Alternative Disinfection Methods Fact Sheet*. Frankfort : EPA.

eumed. (2016). Obtenido de <http://www.eumed.net/>

Flores, M., Nieres, P., Cassano, A. E., & Labas, M. D. (2010). *DESINFECCIÓN DE AGUA CON ÁCIDO PERACÉTICO: UNA ALTERNATIVA*. Chile : Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química.

Hurtado, M. S. (2012). *Limpieza y desinfeccion de Quirofanos* . Madrid, España.

Isan, A. (14 de 05 de 2013). *Ecologia Verde* . Obtenido de Ciudades Con Mayor Contaminacion Ambiental .

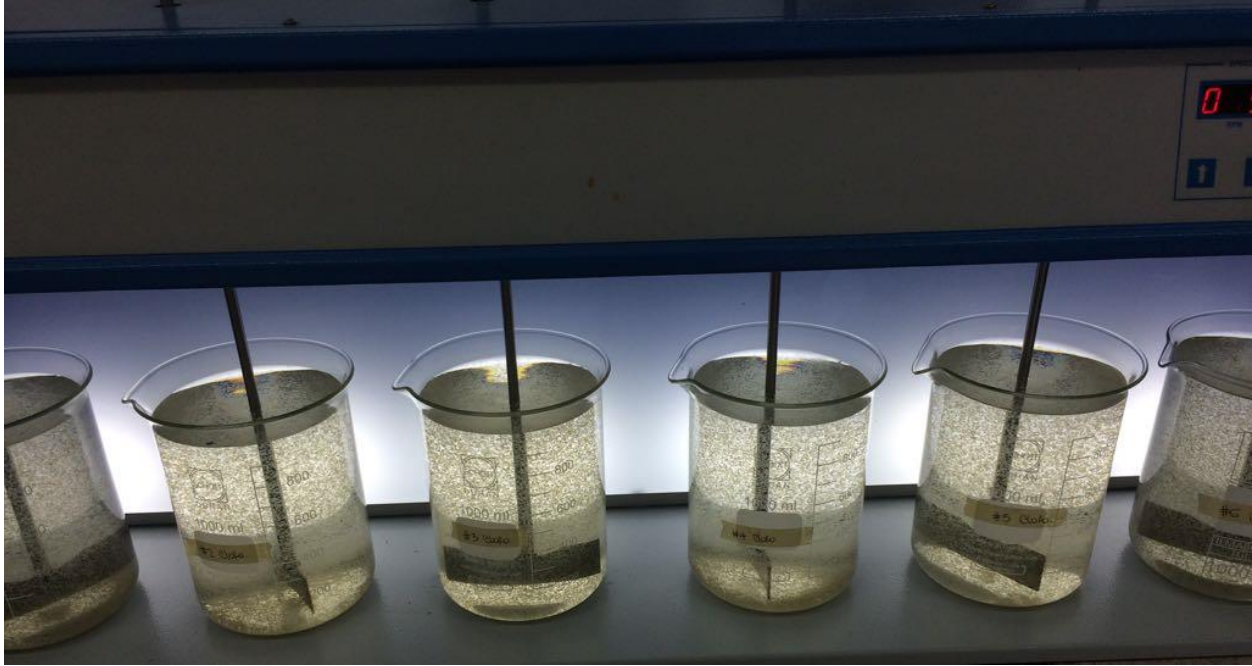
Lenntech. (2016). *Lenntech*. Obtenido de <http://www.lenntech.es/>

Martin, L. (19 de Noviembre de 2014). *Water Online*. Obtenido de EPA Investigates Chlorine Alternative: <http://www.wateronline.com/doc/epa-investigates-peracetic-acid-as-a-green-alternative-to-chlorine-0001>

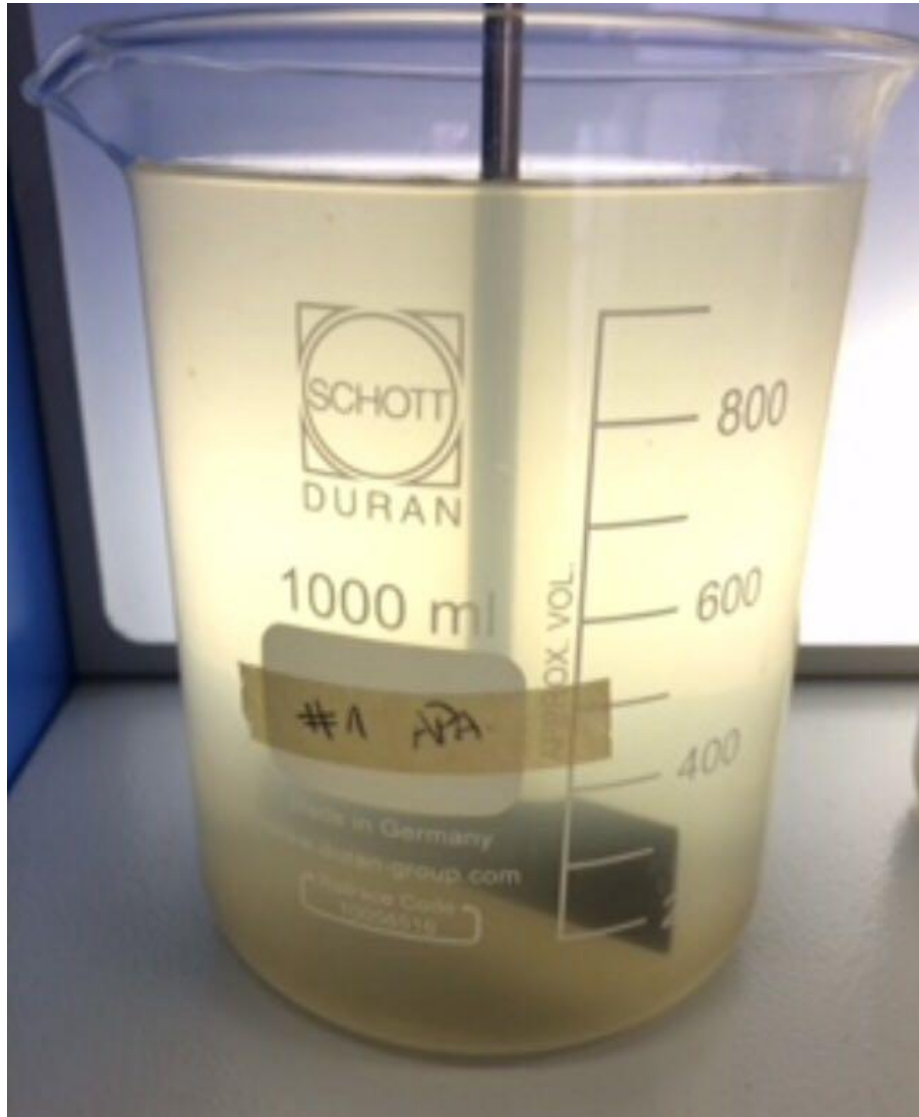
- Massol-Deyá., F. F. (2002). *ECOLOGÍA DE MICROORGANISMOS*. Universidad de Puerto Rico,.
- Monarca S, R. S. (2002). *Mutagenicity and disinfection by-products in surface drinking water disinfected with peracetic acid*. Environ Toxicol Chem.
- Montserrat Salles, C. C. (2010). *limpieza desinfeccion y esterilizacion en el ambito Hospitalario*. España: Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria.
- N. Ocasio, M. E. (2009). *El Uso del Cloro en la Desinfección del Agua*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- National Academy Of Sciences. (2007). *Enfermedades Vinculadas Con El agua . Gloal Health and Education Foundation , 6.*
- RAS. (2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO*. BOGOTA.
- S.L., P. I. (2016). *PCE Instruments Ibérica S.L*. Obtenido de <http://www.pce-iberica.es/>
- SERAMBIENTE S.A. (2016). *Repore microbiologico*. Barranquilla, Colombia : Servicios de ingenieria y Ambiente .
- SOCIAL, M. D. (2015). *INFORME NACIONAL DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. BOGOTA.
- Tamayo, M. T. (2004). *El proceso de la Investigación Científica*.
- Tero Luukkonen1, J. T. (2014). *Chemical aspects of peracetic acid based wastewater disinfection*. Finland: University of Oulu.
- Universida de la Costa, C. (2016). *Dosis Optima de Coagulante*. Barranquilla: cuc .
- Xue-bing Zhao, L. W.-h. (2007). *Effect of several factors on peracetic acid pretreatment of sugarcane bagasse for enzymatic hydrolysis*. Beijing-China: Department of Chemical Engineerin Tsinghua University.
- Zafra, A. (2008). *Efectos de Trihalometanos Sobre La Salud*. España.
-

12 Anexos

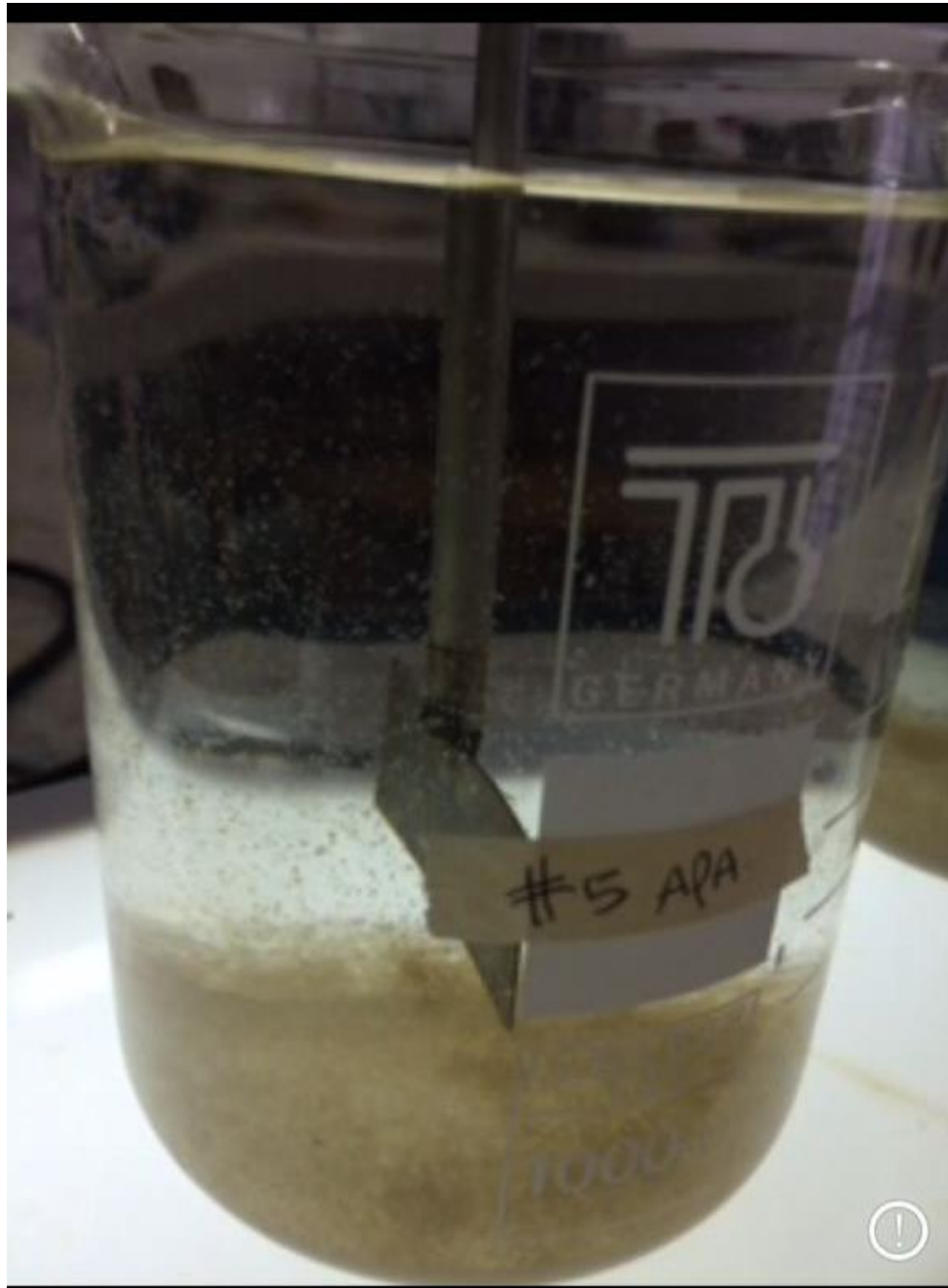
1. Registro fotográfico



Proceso de floculación. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Muestra de agua en proceso de floculación. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Muestra de agua en proceso de sedimentación. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Preparación APA. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Preparación APA. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



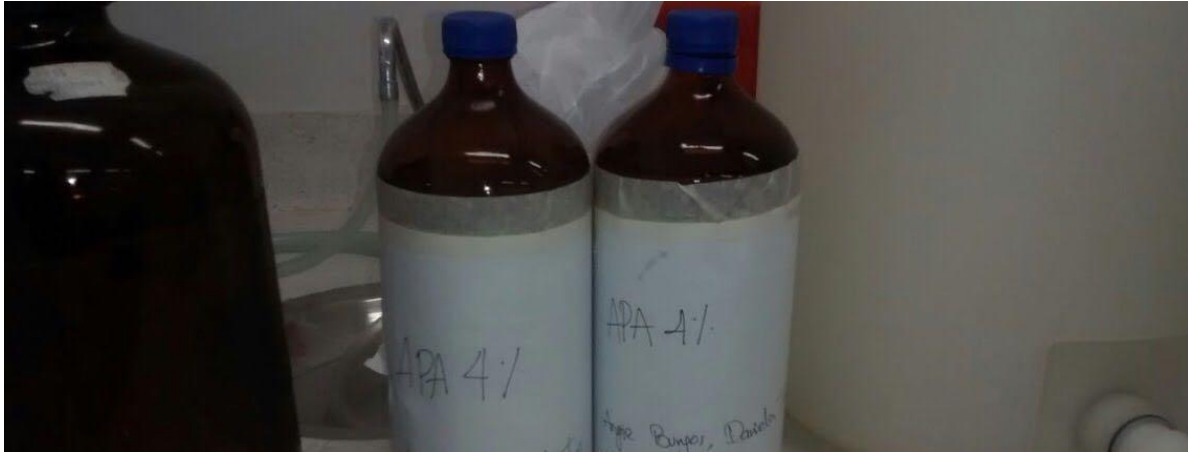
Preparacion APA. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Muestras de agua. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Maceración. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



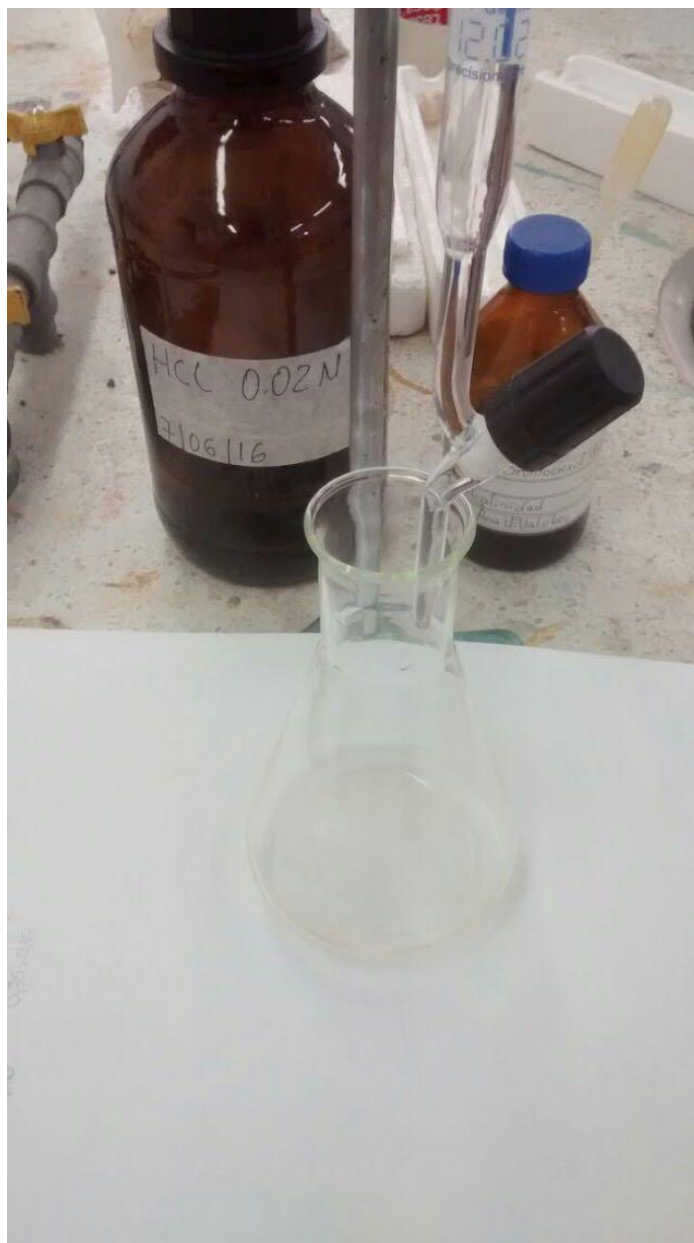
Envase final producto APA. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Proceso de sedimentacion. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Recolección de Jarras. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia



Determinacion de dureza. Registro fotografico. Fuente: Elaboración Propia.



Determinación de color. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Determinación de color. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Muestras de Agua. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Proceso de sedimentación. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Proceso de floculación. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.



Caracterización Muestras de agua. Registro fotográfico. Fuente: Elaboración Propia.

2. Análisis microbiológicos

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLOGICO
REPORTE A-0237

OT 1055

BARRANQUILLA - Diciembre 2016

Reporte de Análisis Microbiológico de Muestras de agua Potable

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
REPORTA A-0237

OT 1055

Contenido

Introducción	4
Objetivos	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
Análisis Solicitados	6
Análisis y Resultados	7
Número más probable de Coliformes fecales	7
Número más probable de Coliformes Totales	8
Conclusiones y Recomendaciones	9

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
REPORTE A-0237

OT 1055

Reporte técnico de Análisis de Agua potable

Elaboro:

Juan Manuel García

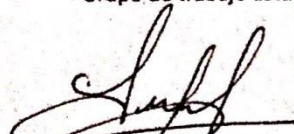
Reviso:

Johana Martínez Arango

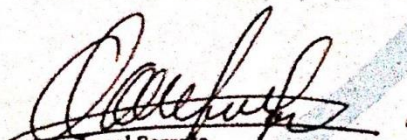
Aprobó:

Ángel Barrera Ibarra

La toma de muestras fue realizada por el Cliente, cumpliendo con los parámetros establecidos por la ley, los análisis microbiológicos fueron realizados por Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A., Empresa acreditada por el IDEAM por medio de la Resolución 1556 del 14 de agosto de 2015, Modificada por la Resolución 2191 del 7 de octubre de 2015, para la realización de monitoreo de Calidad de aire, isocinéticos, ruido, aguas, suelos y RESPEL; ubicada en la ciudad de Barranquilla. El Grupo de trabajo estuvo conformado por los siguientes Funcionarios:


Johana Martínez

Analista Técnico


Angel Barrera

Gerente General

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLOGICO
REPORTE A-0237

OT 1055

INTRODUCCIÓN

La particular DANIELA TORO GARCIA, contrato los servicios de **SARAMBIENTE S.A.S.**, para el análisis microbiológico de Veinticuatro (24) muestras de agua potable, proporcionadas por el cliente.

El presente reporte contiene los resultados de dicho análisis encaminado a evaluar las características microbiológicas de las muestras de agua.

Los parámetros evaluados son solicitados por el cliente se encuentran contemplados en la normatividad vigente para usos del agua en Colombia, decreto 1076 de 2015, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLOGICO
REPORTE A-0237

OT 1055

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Análisis las muestras microbiológicas proporcionadas por el cliente, con el fin de conocer las características microbiológicas de la misma.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Análisis de muestras
- Preparar reporte técnico presentando los resultados de dicho análisis



SERAMBIENTE
Servicios de Ingeniería y Ambiente

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLOGICO
REPORTE A-0237

OT 1055

ANÁLISIS SOLICITADOS

Análisis	Método
(a) Número más probable de Coliformes fecales	Técnica de filtración por membrana - promedio del sustratocromogénico X-Glucósido
(a) Número más probable de Coliformes Totales	Técnica de filtración por membrana

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLOGICO
REPORT E A-0237

OT 1055

ANÁLISIS Y RESULTADOS

NÚMERO MÁS PROBABLE DE COLIFORMES FECALES

Número más probable de Coliformes fecales		
Diciembre 16 de 2016		
Muestra	Unidades	Agua Potable
APA 1	UFC/100mL	00,00
APA 2	UFC/100mL	00,00
APA 3	UFC/100mL	00,00
APA 4	UFC/100mL	00,00
APA 5	UFC/100mL	00,00
APA 6	UFC/100mL	00,00
APA 7	UFC/100mL	00,00
APA 8	UFC/100mL	00,00
APA 9	UFC/100mL	00,00
APA 10	UFC/100mL	00,00
APA 11	UFC/100mL	00,00
APA 12	UFC/100mL	00,00

Número más probable de Coliformes fecales		
Diciembre 16 de 2016		
Muestra	Unidades	Agua Potable
NaClO 1	UFC/100mL	00,00
NaClO 2	UFC/100mL	00,00
NaClO 3	UFC/100mL	00,00
NaClO 4	UFC/100mL	00,00
NaClO 5	UFC/100mL	00,00
NaClO 6	UFC/100mL	00,00
NaClO 7	UFC/100mL	00,00
NaClO 8	UFC/100mL	00,00
NaClO 9	UFC/100mL	00,00
NaClO 10	UFC/100mL	00,00
NaClO 11	UFC/100mL	00,00
NaClO 12	UFC/100mL	00,00

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO
REPORTE A-0237

OT 1055

NÚMERO MÁS PROBABLE DE COLIFORMES TOTALES

Número más probable de Coliformes Totales		
Diciembre 16 de 2016		
Muestra	Unidades	Agua Potable
APA 1	UFC/100mL	00,00
APA 2	UFC/100mL	00,00
APA 3	UFC/100mL	00,00
APA 4	UFC/100mL	00,00
APA 5	UFC/100mL	00,00
APA 6	UFC/100mL	00,00
APA 7	UFC/100mL	00,00
APA 8	UFC/100mL	00,00
APA 9	UFC/100mL	00,00
APA 10	UFC/100mL	00,00
APA 11	UFC/100mL	00,00
APA 12	UFC/100mL	00,00

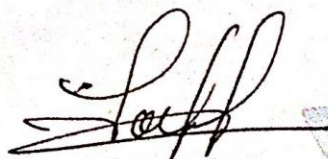
Número más probable de Coliformes Totales		
Diciembre 16 de 2016		
Muestra	Unidades	Agua Potable
NaClO 1	UFC/100mL	00,00
NaClO 2	UFC/100mL	00,00
NaClO 3	UFC/100mL	00,00
NaClO 4	UFC/100mL	00,00
NaClO 5	UFC/100mL	00,00
NaClO 6	UFC/100mL	00,00
NaClO 7	UFC/100mL	00,00
NaClO 8	UFC/100mL	00,00
NaClO 9	UFC/100mL	00,00
NaClO 10	UFC/100mL	00,00
NaClO 11	UFC/100mL	00,00
NaClO 12	UFC/100mL	00,00

REPORTE DE ANALISIS MICROBIOLOGICO
REPORTE A-0237

OT 1055

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados presentados con anterioridad, no se halló concentración cuantificable de Coliformes Fecales Coliformes totales.



Johana Martínez

Analista Técnico